

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE ODONTOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE ESTOMATOLOGÍA III



TESIS DOCTORAL

**Análisis espectrofotométrico del color de los tejidos blandos
periimplantarios**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTORA

PRESENTADA POR

Leticia Sala Martí

DIRECTORES

Antonio Bascones Martínez
Ana Carrillo de Albornoz Sainz

Madrid, 2018

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID

FACULTAD DE ODONTOLOGÍA

Departamento de Estomatología III



TESIS DOCTORAL

**Análisis espectrofotométrico del color de los tejidos blandos
periimplantarios**

MEMORIA PARA OPTAR AL GRADO DE DOCTOR PRESENTADA POR

Leticia Sala Martí

Directores:

Antonio Bascones Martínez

Ana Carrillo de Albornoz Sainz

Madrid, 2017



TESIS DOCTORAL

Análisis espectrofotométrico del color de los tejidos blandos periimplantarios

Leticia Sala Martí

DIRECTORES:

Prof. Antonio Bascones Martínez
Prof. Ana Carrillo de Albornoz Sainz



Departamento de Estomatología III

Facultad de Odontología

Universidad Complutense de Madrid

**ANÁLISIS ESPECTROFOTOMÉTRICO DE LOS TEJIDOS
BLANDOS PERIIMPLANTARIOS**

Leticia Sala Martí

TESIS DOCTORAL

Dirigida por:

Prof. Antonio Bascones Martínez

Prof. Ana Carrillo de Albornoz Sainz

A Jaime, mis hijos y mis padres

AGRADECIMIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Finalizar esta tesis doctoral supone para mí la culminación de un período académico, en el que he aprendido a investigar, y a valorar la ciencia, considerándola un pilar básico para mi praxis clínica.

Me gustaría agradecer a todas aquellas personas que han participado en esta pequeña carrera de fondo, de manera directa e indirecta, no sólo en la consecución de este trabajo sino también en mi formación como persona.

En primer lugar, a la profesora Ana Carrillo de Albornoz, mi directora, maestra y amiga por haberme guiado en cada uno de los pasos de este trabajo, enseñándome con infinita paciencia y cariño. Gracias a ella he aprendido a valorar el trabajo bien hecho, y espero que este sea el primero de muchos trabajos juntas. Nunca estaré suficientemente agradecida.

A mi director, el profesor Antonio Bascones por haberme apoyado, guiado y ayudado en el desarrollo de este trabajo. Sin su paciencia y respaldo nada hubiera sido posible.

A Santiago Cano por su excelente trabajo en el análisis estadístico

A Richard Davies por su valiosa ayuda en la traducción de los manuscritos.

A mis compañeros de la Institución Mississippi, especialmente a Luis, David, Carlos, Ana y todos los demás que no nombro por ser demasiados, pero que son mi equipo y mi respaldo, sin ellos la docencia no sería para mí una pasión.

A la Universidad Complutense, a la que le debo tanto ya que ha marcado mi trayectoria profesional.

A mis abuelas, que han sido un referente para mí como personas, y a las que espero parecerme en esta vida. Mi abuela Montse me verá desde el Cielo, y espero que esté orgullosa.

A mis amigos, a los que he dejado tantos días abandonados debido al escaso tiempo disponible, especialmente a mis amigas del alma Almu, Mara y Rous.

A mis hermanos Koko y María por su apoyo, y por ayudarme siempre que lo he necesitado.

A Jaime y a mis hijos, Jacobo, Gonzalo y Victoria por su paciencia y cariño constante, sin los que no hubiera podido escribir ni una línea de este trabajo. Ellos hacen que cada esfuerzo en mi vida merezca la pena.

Por último, a mis padres, por enseñarme todo en esta vida, y por darme la oportunidad de ser lo que soy. Su amor incondicional en cada paso que doy, han hecho que haya podido llegar aquí.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE CONTENIDOS

I. Resumen. Summary

II. Introducción

1. El Color.

Modelos de representación del color.

a. Modelos perceptivos

1. HSV

2. RGB

3. CMYK

b. Modelos reproductivos

1. CIE RGB

2. CIE XYZ

3. CIELAB

4. CIELCH

5. CIEDE 2000

2. Importancia del color en los tejidos blandos.

3. Sistemas de medición del color

i. Métodos visuales o subjetivos

1. Índices simples.

2. Índices compuestos.

ii. Métodos computerizados u objetivos

1. Métodos fotográficos

2. Colorímetros

3. Espectrofotómetros

4. Factores que influyen en el color de los tejidos blandos.

Color del material

1. Titanio
2. Oro (nitruro de titanio)
3. Zirconia blanca
4. Zirconia coloreada
5. Zirconia fluorescente

Grosor/biotipo

Otros

III. Justificación

IV. Hipótesis

1. Hipótesis principal
2. Hipótesis específica

V. Objetivos

1. Objetivo principal
2. Objetivos específicos

VI. Material y Métodos. Resultados

VII. Discusión

VIII. Conclusiones

IX. Referencias

X. Anexo

RESUMEN

I. RESÚMEN

Antecedentes: La alta demanda estética en de los últimos años ha modificado los criterios de éxito de los implantes dentales, de tal manera que la evaluación estética exhaustiva del resultado final es uno de los parámetros importantes a considerar. En esta evaluación final parecen influir tanto la restauración protésica como de los tejidos blandos circundantes. La obtención de unos perfiles gingivales armónicos, implica un reto para el profesional, debido por un lado a la dificultad que entraña la obtención de un margen simétrico y un relleno de las papilas, y por otro a la complejidad para imitar el aspecto de la encía, en cuanto a color y textura. Esta dificultad en la obtención del color gingival, es debida en parte al desconocimiento de la capacidad de respuesta de los tejidos a los diferentes materiales de los que disponemos, y a su comportamiento bajo distintos grosores de tejido blando.

Objetivos: Los objetivos de esta serie de trabajos fueron testar la reproducibilidad y repetibilidad del espectrofotómetro, para medir cambios de color en la mucosa periimplantaria (Estudio 1), analizar los cambios de coloración que se producen en la mucosa en función del tipo de material utilizado (oro, titanio, zirconia blanca, zirconia coloreada y zirconia fluorescente) y bajo que grosor de tejido, para determinar qué tipo de pilar protésico es capaz de imitan mejor al diente natural (Estudio 2).

Material y Métodos. Resultados:

Estudio 1: Para el primer objetivo, se seleccionaron 30 pacientes sanos, a los que se les analizó el color gingival del incisivo central superior, mediante un espectrofotómetro. Se estudió la reproducibilidad y repetibilidad del mismo, mediante mediciones repetidas de las áreas de estudio, llevadas a cabo por dos examinadores. Por otro lado, se estudió la influencia de la iluminación y la posición del aparato en el resultado del color gingival. Los datos confirmaron un Coeficiente de Correlación $>$ de 0.9 en todos los casos, observándose diferencias significativas en función del contacto del dispositivo con la mucosa, frente al no contacto. Sin embargo, el color gingival no se vio afectado por la presencia o ausencia de luz en el ambiente.

Estudio 2: Se diseñó y se llevó a cabo un estudio *in vitro* en el que se trató de evaluar la respuesta del color de los tejidos blandos frente a 5 tipos de pilares macroscópicamente idénticos, pero de distinto material: titanio, titanio dorado, zirconio blanco, zirconio coloreado, y zirconio fluorescente. Para ello se utilizaron 19 mandíbulas de cerdo frescas, a las que se colocaron 4 implantes en las áreas edéntulas. Se analizó el color de los distintos pilares en función de la altura desde el margen periimplantario (a 1, 2 y 3 mm) y del grosor de la mucosa periimplantaria de cada uno de los implantes, para lo cual se dividieron los grosores resultantes en 3 grupos: < 1mm, 1-2mm, > 2mm. Como grupo control se utilizó el diente natural adyacente. Al analizar los resultados se observó que ninguno de los pilares fue capaz de imitar el color periimplantario del diente natural, ya que se observaron diferencias entre el grupo control y todos los pilares para los parámetros a^* y b^* del color. El pilar de zirconia fluorescente, en grosores > 2mm, fue el único que no presentó diferencias con el grupo control, pero a pesar de ello la ΔE (Distancia Euclídea) fue de 6.38 ± 2.62 . Las mayores diferencias de color se observaron con el titanio para todos los grosores y alturas de tejido blando, seguidas de la zirconia blanca, oro, zirconia coloreada y zirconia fluorescente respectivamente.

Se encontró una correlación positiva para el parámetro L^* entre el grosor del tejido y el color resultante y una correlación negativa entre ΔE y el color.

Conclusiones: Tras el análisis de los resultados se puede llegar a la conclusión de que los pilares de zirconia coloreada y zirconia fluorescente pudieran ser una opción para los casos de alta demanda estética, en periodontos finos. Los cambios de color de los tejidos, se pueden determinar de forma precisa mediante espectrofotometría.

PALABRAS CLAVE: Espectrofotómetro, color, mucosa periimplantaria, pilares de zirconio, grosor de tejido.

SUMMARY.

Objective: To evaluate the repeatability and reproducibility of gingival color measurements using a digital spectrophotometer. Measurement error was estimated by determining the interrater agreement and by repeating measurements in different illumination environments with and without contact of the device with the gingiva (Study 1).

To determine differences in peri-implant soft tissue color with the utilization of titanium, titanium gold-plated, white zirconia, Vita Classical (VC) A4-shaded zirconia, and fluorescent white zirconia abutments and to establish the influence of gingival thickness on the resulting color (Study 2).

Methods.

Study 1: Two trained examiners measured the gingival shade around 30 central incisors using a spectrophotometer with/without external illumination and with/without contact of the device with the gingiva. Color data obtained (CIELAB color coordinates; L^* , c^* , h^* , a^* , b^*) were analyzed using the intraclass correlation coefficient (ICC) and the Student's t-test for paired samples.

Study 2: Four implants were contralaterally inserted in 19 fresh pig mandibles. CIELAB color coordinates lightness (L^*), chroma along red axis (a^*), and chroma along yellow-blue axis (b^*) were obtained at 1, 2, and 3 mm from the central axis of the peri- implant mucosal margin in apical direction. Mean values of L^* , a^* , and b^* were used to calculate the color difference ($\Delta E = (L2 - L1)^2 + (a2 - a1)^2 + (b2 - b1)^2$) between the peri-implant soft tissue and the marginal gingiva of the adjacent tooth.

After descriptive analysis of each color parameter, within and between group variations in the resulting color with different abutments were determined by repeated measures ANOVA, applying Duncan's correction for within-group factors. Interaction effects between soft tissue thickness and color were determined by performing another repeated measures ANOVA for independent measures with post hoc Bonferroni's correction. Statistical significance was established at the 95% confidence level. The interrelationship of tissue thickness with L^* , a^* , b^* , and ΔE was calculated using Spearman rank correlation coefficients

Results. Mean L*, c*, a*, b* values significantly differed between measurements made with and without contact of the device with the tissue, but there was no difference in h* values. An ICC of > 0.9 was obtained for interrater and intrarater agreements in all cases. Shade measurements did not differ between the presence and absence of stable ambient light (Study 1).

Differences among abutments were detected, influenced by the apico-coronal distance from the peri-implant mucosal margin and the soft tissue thickness. However, the soft tissue color around implants always differed from that around natural control teeth, regardless of the abutment shade utilized. The data obtained are within the range of mean values reported in previous clinical studies that spectrophotometrically assessed the color difference between peri-implant and control soft tissues and reported significant spectral differences; thus, mean ΔE values ranged from 6 to 11, and lower a*, and b* values were observed at implant versus control sites

At 1 mm height, titanium significantly differed from all zirconia abutments in L*, a* and b* parameters. At 2 mm, all zirconia abutments differed from titanium in b* but only fluorescent zirconia in a*. At 3 mm, titanium differed from VC A4-shaded and fluorescent zirconia abutments in b*. At soft tissue thicknesses <1 mm and 1-2 mm, titanium differed from fluorescent zirconia in a* and b* and from VC A4-shaded zirconia in b*; at thickness > 2 mm, no differences were found among abutments. All abutments differed from natural teeth in a* and b* at all heights and thicknesses except for fluorescent zirconia at thickness >2 mm. The ΔE (euclidean distance) differed between titanium abutments and gold, VC A4, and fluorescent zirconia at <1 and 1-2 mm thicknesses (Study 2).

Conclusions. The repeatability and reproducibility of soft tissue shade measurements were almost perfect (ICC >0.9) under the examination conditions tested. The measurements were affected by pressure but not by ambient light.

The natural gingival color was not reproduced with any abutment at gingival thicknesses <2 mm. The worst color match was with titanium abutments and the best with fluorescent zirconia, followed by VC A4-shaded zirconia. At gingival thicknesses >2 mm, no differences were detected among abutments.

This study demonstrates that the type of abutment and the gingival thickness affect the resulting peri- implant gingival color.

KEY WORDS: spectrophotometer, gingival color, abutment, peri-implant, soft tissue.

INTRODUCCIÓN

II. INTRODUCCIÓN.

1. El color

“Gran parte de lo que percibimos y sentimos sobre una imagen es experimentado a través del color. Aunque nuestra percepción del color depende del contexto y está culturalmente determinada, es imposible mirar una imagen y no verse afectado por la armonía de sus colores” (Cohen y cols. 2006).

Según la Real Academia de la Lengua Española el color se define como la sensación producida por los rayos luminosos que impresionan los órganos visuales y que depende de la longitud de onda.

Isaac Newton (1642-1727) descubrió que la luz del sol al pasar a través de un prisma se dividía en varios colores formando un espectro (descomposición de la luz en los colores del espectro). Los seis colores naturales quedaron establecidos como rojo, naranja, amarillo, verde, azul y violeta. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes, por lo tanto, cuando un objeto recibe una luz, ésta puede comportarse de tres formas (Seghi et.al 2004):

- Absorber todos los haces de luz, obteniendo el color negro.
- Reflejar todos los haces, obteniendo el color blanco.
- Absorber unos haces y reflejar otros, obteniendo los colores resultantes de la reflexión y absorción.

La luz es por consiguiente el elemento que más influye en el manejo del color, ya que es la que tiene capacidad de colorear, de ahí la afirmación de Isaac Newton de “la luz es color”. Por lo tanto, tal como demostró Newton, la luz que llega a nuestros ojos empieza siendo blanca, sin embargo, cuando incide en un objeto éste absorbe una cierta cantidad y se refleja el resto. En

función de las longitudes de onda absorbidas, se produce una nueva combinación de ondas reflejadas que transmiten al ojo una sensación de color.

Johann Goethe (1749-1832) estudió por primera vez la reacción humana frente a los colores (percepción del color) y desarrolló un triángulo con tres colores primarios: rojo, amarillo y azul. Fue el precursor de la psicología del color, oponiéndose a la visión puramente científica de Newton. Intentó deducir las leyes que rigen la armonía de los colores atendiendo a sus efectos fisiológicos, es decir, al modo en que los colores nos afectan, haciendo hincapié en el aspecto subjetivo de la visión.

La Comisión Internacional de Iluminación (Commission Internationale de l'Eclairage) (C.I.E.) define el color como “aquella característica de la percepción visual que puede ser descrita por los atributos de Tinte o tono, Valor o luminosidad e Intensidad, saturación o croma”.

De todas estas definiciones actualmente se concluye que el color es un proceso fisiológico que se genera en el cerebro al interpretar éste las señales nerviosas que le envían los fotorreceptores (conos y bastones) de la retina del ojo. La información de la retina es transmitida a la corteza visual (en la corteza cerebral), a través del nervio óptico, que a su vez interpreta y distingue las distintas longitudes de onda que capta de la parte visible del espectro electromagnético. Un 65% de estos fotorreceptores son sensibles al color rojo, un 33% al verde y aproximadamente un 2% al azul.

En la retina se presentan una media de 130 millones de bastones (receptores de la luz) frente a 7 millones de conos (receptores del color), motivo por el cual el ojo humano es mucho más sensible a la luminosidad (L^*) que a la cromaticidad (a^* y b^*).

Al igual que el color, la luz tiene calidad y cantidad. La calidad o temperatura de color, se mide en grados Kelvin y la cantidad se refiere a la intensidad y se mide en luxes.

El ojo humano percibe las longitudes de onda del espectro electromagnético cuando la iluminación es abundante, pudiendo percibir sólo longitudes de onda de 380 nm (color violeta) hasta 780 nm (color rojo), que se corresponden con el espectro visible por el ojo humano (luz). Por debajo de los 380 nm se encuentra el rango ultravioleta y por encima de los 780 el rango infrarrojo (Bridgeman et. al 1987)

Por lo tanto para que ocurra el fenómeno son necesarias tres cosas: luz, un órgano receptor de la luz y un órgano de los sentidos que perciba todo ello (el ojo). Esto hace que el procesamiento del color sea

algo totalmente subjetivo, y por eso la determinación del mismo siempre se ha considerado un reto en Odontología, relacionándolo en ocasiones más con el arte que con la Ciencia.

La habilidad para reproducir el color, adquiere en la Odontología moderna cada vez más importancia (Pecho et. al 2016), debido a la alta demanda estética de los últimos años. A pesar de que los estudios que analizan las variables estéticas basadas en el paciente, concluyen que la mayoría de los pacientes rehabilitados mediante implantes en el sector anterior, están satisfechos con los resultados estéticos (Tey et. al 2016, Vermylen et. al 2003, Pjetursson et. al 2005), cuando se desglosan los parámetros estéticos, según los índices que evalúan por un lado el diente y por otro los tejidos blandos (PES WES), parece existir una mayor preocupación por los resultados estéticos en los tejidos blandos (Tey et. al 2016, Meijndert et al. 2007), siendo más baja la puntuación para estos índices.

Muchos autores han intentado hacer frente al problema de la determinación del color, basándose en diferentes sistemas de medición (Joiner et. al 2004):

- . *Métodos subjetivos.* Se basan en la comparación del objeto (diente) con muestras de color representadas en papel, resina o porcelana. Este es el método en el que se fundamentan las guías de color, siendo el más empleado actualmente en la práctica clínica diaria (guía

vita (VITA Zahnfabrik, Bad Säckingen, Alemania; guía chromascop (Ivoclar vivadent, Zurich, Suiza).

. *Métodos objetivos.* Son aquellos que tratan de representar los colores del espectro visible de forma numérica, basándose en los distintos sistemas de determinación del color. Entre estos métodos se encuentran los colorímetros, espectrofotómetros, y la fotografía o técnicas digitales de análisis de imagen.

Modelos de representación del color

Son sistemas que clasifican y ordenan los colores en una secuencia lógica, que permite que un color pueda describirse con exactitud, pudiéndose analizar sus diferencias con otros colores, de manera que estas diferencias se puedan comprender y especificar.

Los modelos de representación del color pueden ser perceptivos o reproductivos. Entre los primeros encontramos aquellos que utilizan como referencia valores de la percepción humana, tales como el matiz, la saturación, el brillo o el nivel de estimulación de los sensores rojo, verde y azul. En los modelos reproductivos, los valores se establecen de forma artificial asignando números o letras a determinados tonos con el fin de normalizarlos (Sproull et. al 1974).

1. Modelos perceptivos

Sistema HSV (hue, saturation, value)

Este sistema, descrito por Albert Munsell, se basa en un sistema de coordenadas para poder definir el color. Este autor determinó que, para obtener una visualización y descripción del color de forma apropiada, era necesario una esfera tridimensional en lugar de un círculo bidimensional, mediante el cual sería posible mostrar la distribución de los colores a lo largo de tres dimensiones y, de esa forma, localizarlos espacialmente.

Este sistema define tres dimensiones del color (Figura 1):

- Tonalidad (*Hue*). Indica la característica que normalmente se conoce como color, directamente relacionada con la longitud de onda de la radiación lumínica observada (rojo, verde, azul, amarillo, etc).
- Valor (*Value*). Expresa la cantidad de luz que compone el color estudiado, es decir la imagen en blanco y negro del objeto observado, y se corresponde con las tonalidades de gris presentes entre un valor máximo, el blanco, y otro mínimo, el negro.
- Saturación (*Chroma*). Refiere la cantidad de tinte que contiene el color, la viveza cromática que observamos. Esta dimensión hace referencia a las diversas diluciones del color base del que partimos.

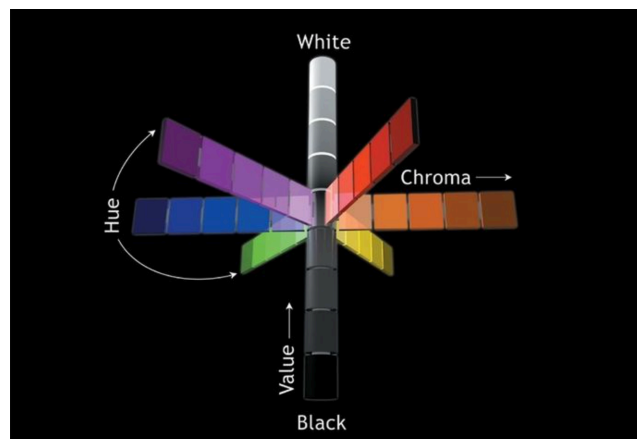


Figura 1. Sistema de color Munsell (*Fundamentals of color*. Chu S et. al 2010)

El sistema de color Munsell fue el primer sistema en separar tono, valor y saturación o croma en dimensiones perceptualmente uniformes e independientes, y en organizar sistemáticamente los colores en el espacio tridimensional. Ha sido, por lo tanto, ampliamente utilizado en muchos campos de la ciencia del color como un sistema estándar de especificación del mismo. Establece

en su teoría de los 10 tintes. Los tintes se disponen de forma ordenada alrededor del perímetro del cilindro, en tanto que la intensidad del color aumenta a lo largo de un radio que se aleja desde el eje central, estando los colores más puros en la periferia. En este sistema hay un eje acromático sin color que se extiende verticalmente a lo largo del color; por tanto, la coordenada del valor varía a lo largo de la longitud del cilindro, desde el negro en el extremo inferior al que se le da un valor 0, hasta el blanco, en el extremo superior, al que se le da un valor 10, pasando por el gris neutro en el centro.

Sistema RGB

Este sistema de color se compone por los tres colores primarios que definió la CIE en 1976: rojo, verde y azul (*Red, Green, Blue*). Se consideran colores primarios porque no se pueden obtener mediante ningún otro, y por lo tanto son los que nuestros ojos pueden captar. Existen conos de tres tipos, unos que detectan rojos, otros azules y otros verdes. De la unión de dos de ellos nacen los colores secundarios (cuan, amarillo y magenta), si se mezclan los tres colores primarios en proporciones iguales obtenemos el color blanco, mientras que el negro sería la ausencia de los mismos. (Figura 2).

El sistema RGB se utiliza para reproducir el color en todos los aparatos electrónicos que utilizan una fuente de luz (videocámaras, fotografía, televisión, ordenadores, etc.) Con objeto de ordenar los colores, en este sistema se disponen en los llamados “círculos cromáticos”

El círculo cromático es el resultado de distribuir alrededor de un círculo, los diferentes colores que conforman el segmento de la luz visible del espectro solar, descubierto por Newton.

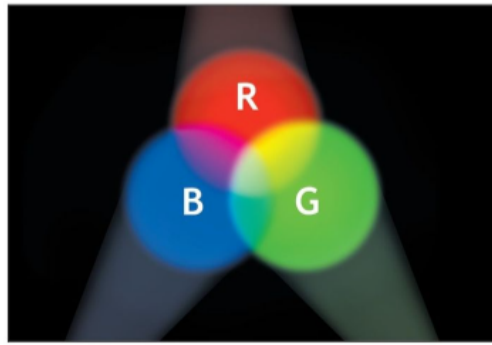


Figura 2. Círculos cromáticos de los colores primarios y secundarios del espectro visible
(Valero, A. *Principios del color y holopintura*).

Sistema CMYK

Este sistema de color se conoce como síntesis sustractiva y utiliza los colores cian, magenta y amarillo (secundarios). El color no se obtiene desde una fuente de luz, sino a través de ondas reflejadas en una superficie. La sustracción total de la luz reflejada al aplicar una cantidad considerable de pigmento cian, magenta y amarillo, conduce al negro. La teoría sustractiva está basada en restar luz eliminando longitudes de onda determinadas del espectro incidente mediante filtros o bien mediante absorción y dispersión de la luz (Figura 3)



Figura 3: Teoría aditiva y sustractiva (*Principios del color y holopintura*. Valero A).

2. Modelos reproductivos

Son sistemas basados en la medición del reflejo espectral de un color y lo traduce en valores numéricos reconocidos internacionalmente. Existen diversos métodos para establecer la correspondencia entre la distribución espectral del color y sus valores. Los más usados en los estudios colorimétricos de física son: CIE XYZ, CIELAB y CIELCH.

La manera de cuantificar la diferencia de color entre un estándar y la muestra de producción es a través de las ecuaciones de diferencias de color. Estas ecuaciones corresponden a la distancia matemática geométrica en un sistema cromático determinado entre las coordenadas del estándar y las de la muestra. Estas distancias son calculadas a lo largo de cada uno de los ejes coordenados dependiendo del sistema en que se trabaje (CIE XYZ, CIELAB, CIELCH, CIEDE00).

Modelo CIE RGB

En 1931 la Comisión Internacional de Iluminación definió en profundidad el color basándose en los tres colores primarios, representados en el espacio, mediante una representación axial en la que las distintas coordenadas representan a cada uno de los colores primarios "x" (rojo-R), "y" (verde-G) "z" (azul-B). La figura 4. muestra el diagrama cromático CIE 1931 obtenido al representar las coordenadas de cromaticidad de los colores del espectro visible con una simulación de los colores que se obtienen para las diferentes coordenadas cromáticas de los colores de una radiación compuesta.

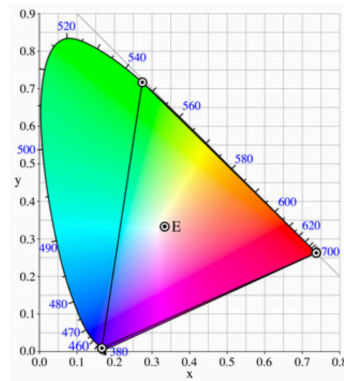


Figura 4. Diagrama del valor cromático del espacio RGB del CIE 1931

Modelo CIE XYZ

Las coordenadas XYZ son extrapolaciones de RGB creadas matemáticamente para evitar los números negativos. El color se expresa como una mezcla de tres estímulos (tristimulus values) X, Y, Z.

El problema que presenta esta fórmula de CIE XYZ, es que distancias iguales en el espacio no se corresponden con las mismas diferencias percibidas, entre los estímulos del color. Una de las propiedades más importantes que se le va a exigir a cualquier espacio de color utilizado para representar colores es la uniformidad. Es decir, las diferencias de color percibidas deberían representarse en tal espacio uniforme por las mismas distancias, debido a esto se define en 1976 el espacio con las coordenadas CIE Lab.

Modelo CIELAB

Este sistema, se basa en el funcionamiento del ojo y el cerebro humanos para detectar las diferencias entre los colores. Representa además colores que físicamente no pueden ser percibidos por el ojo humano. Por lo tanto, es el primer sistema que posibilita la interpretación clínica del color, ya que distancias iguales a través del espacio de color CIELAB representan aproximadamente una uniformidad en la percepción por parte del ojo (Figura 5).

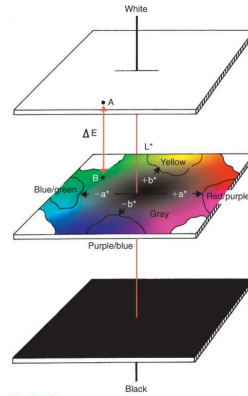


Figura 5. Sistema de color CIELAB

(*Contemporary fixed prosthodontics*, Rosenthiel)

El valor L^* mide luminosidad y se correlaciona con el Valor (V) en el sistema de orden de color Munsell. ($L^* = 0$ indica negro y $L^* = 100$ indica blanco).

- El valor a^* mide la posición a lo largo del eje rojo-púrpura y azul-verde (valores negativos de a^* indican azul-verde, los valores positivos indican rojo-púrpura).
- El valor b^* mide la posición entre azul-amarillo y azul-púrpura (valores negativos indican azul púrpura y positivos indican amarillo).

Este sistema de medición es ampliamente utilizado en la investigación del color y permite hacer comparaciones matemáticas del mismo, mediante la Distancia Euclídea (ΔE) que se define como la distancia entre dos puntos del espacio, y se deduce a partir del Teorema de Pitágoras. Las diferencias de color entre dos objetos, en el espacio de color CIELAB pueden ser por lo tanto, calculadas de acuerdo a la siguiente ecuación: ΔE (Distancia Euclídea) = $((L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2) / 0,5$.

Este sistema de colores es el utilizado actualmente en Odontología por ser el recomendado por la Asociación Dental Americana. En él se basan las guías dentarias, espectrofotómetros y colorímetros electrónicos actuales. Sin embargo, la fórmula de diferencia de color euclídea expresa la distancia que existe entre dos puntos en el espacio. Es decir, la diferencia en el plano horizontal, la diferencia en el plano vertical y la diferencia en el plano profundidad. Cuanta más distancia entre dos puntos, mayor es la diferencia cromática. Esta fórmula no aporta información sobre en qué eje o en qué dimensión de color aparece la diferencia o la discrepancia. Por otro lado, esta fórmula otorga el mismo peso a para todas las dimensiones del color en relación con la diferencia de color. Este aspecto es controvertido, porque en la percepción cromática por el ojo humano aún no hay consenso científico en definir qué dimensión del color presenta mayor importancia en los umbrales de percepción y de aceptación cromática. Hay varios autores que afirman que la dimensión L es la más potente en referencia a este aspecto (Gómez Polo et. al 2016, Chu et. al 2010, Ghinea et. al 2010).

Modelo CIELCH

Este sistema emplea coordenadas polares para calcular el color. Esta expresión del color se puede derivar de CIELAB. La L define la claridad, la C especifica el croma y la H denota el ángulo en una medición polar. Tiene la ventaja de ser fácil de correlacionar con los sistemas anteriores basados en muestras físicas como por ejemplo la Escala de Color Munsell.

L*: indica el valor y se corresponde con el establecido en el sistema CIEL*a*b*.

C*: marca la saturación, establecida por la distancia entre el punto acromático y el tinte. Los datos se convierten desde CIEL*a*b*.

H*: indica el tinte establecido como un ángulo de color. Se convierten los ejes CIEL*a*b* a los siguientes ángulos: +a* (rojo) 0° a 360°; +b* (amarillo) 90°, -a* (verde) 180° y -b* (azul) 270°.

CIEDE 2000

En 2001 la Comisión Internacional de iluminación desarrolló la fórmula CIEDE2000 (ΔE_{00}) con el objetivo de mejorar la fórmula Cielab (Luo et. al 2001).

Debido a las limitaciones que presenta la fórmula de la distancia euclídea a partir del sistema CIELAB (anteriormente explicado), se ha desarrollado recientemente una nueva diferencia de color llamada CIEDE2000. Esta fórmula, incorpora correcciones específicas para la no uniformidad del espacio del color Cielab:

- Funciones de ponderación o peso (SL, SC, SH), un término de rotación (RT) que contabiliza la interacción entre el croma y la tonalidad en la zona azul.
- Una modificación de la coordenada a^* que afecta fundamentalmente a colores neutros (bajo croma).
- Factores paramétricos (KL, KC, KH) que contabilizan la influencia de la iluminación, esta reciente fórmula, aunque es más compleja, parece ser más útil en un contexto clínico y solventar en parte las carencias antes mencionadas de la fórmula CIELAB. (Wee et. al 2007, Gómez Polo et. al 2016).

La fórmula de diferencia de color CIEDE2000 se calcula de acuerdo a la siguiente ecuación (Sharma et. al 2004):

$$\Delta E_{00} = \left[\left(\frac{\Delta L'}{K_L S_L} \right)^2 + \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right)^2 + \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right)^2 + R_T \left(\frac{\Delta C'}{K_C S_C} \right) \left(\frac{\Delta H'}{K_H S_H} \right) \right]^{\frac{1}{2}}$$

2. Importancia del color en los tejidos blandos

Los criterios de éxito de los implantes dentales se han modificado en los últimos años debido a la alta demanda estética (Belser et. al 2009). Podemos afirmar que además de la salud y la función, la manera en que las restauraciones definitivas consiguen imitar la apariencia clínica de las zonas no restauradas, se ha convertido en un factor de éxito crítico en las zonas estéticas (Lang et. al 2012).

Los resultados estéticos se determinan mediante una evaluación global, en el que influyen por un lado la armonía y por otro la integración final del resultado final. Esta integración está determinada por un lado por la apariencia de los tejidos blandos circundantes y por otro lado por una serie de factores de la restauración final. En este contexto, la arquitectura gingival alrededor de los implantes dentales tiene una influencia significativa en el resultado estético final, implicando un reto para el profesional, ya que debe imitar a la de los dientes naturales en: arquitectura, textura, contorno y color. Aunque la mayoría de los estudios indican una alta satisfacción de los pacientes rehabilitados mediante restauraciones sobre implantes (Chang et al. 1999, Dueled et al. 2009) su percepción con respecto al resultado final de los tejidos blandos suele ser baja (Suphanantachat et al. 2013, Meijndert et al. 2007, Kourkouta et al. 2009).

La apariencia de los tejidos blandos, cobra por lo tanto especial importancia en la consecución de una estética final, siendo el color del tejido (tanto en dientes como en implantes) uno de los principales parámetros a evaluar, para determinar el éxito estético de una restauración (Meidjer et. al 2005, Garber et. al 1996; Chang et. al 1999)

El tejido blando que forma parte del periodonto de protección de los dientes, se puede dividir en 3 áreas (Lindhe et. al 2016, Kleinheinz et. al 2015, Hyun et. al 2016)

1. Mucosa masticatoria, que incluye la encía y el paladar duro
2. Mucosa especializada (dorso de la lengua)

3. El resto de la mucosa, denominada “linning mucosa”

La encía es parte de la mucosa masticatoria que cubre el proceso alveolar, rodea la porción cervical del diente y se divide en:

- Encía libre
- Encía insertada
- Encía interdental

Las tres zonas se diferencian no sólo por sus características y su movilidad, sino por el color representativo de cada una de ellas.

Clásicamente el color de la encía sana se ha clasificado por colores, como rosa pálido (*pale pink*), rosa coral (*coral pink*), rosa oscuro (*dark pink*) (Dummett et. al 1960), púrpura (*purple*) (Heydecke et. al 2005, Schnitzer y Turp 2005) y marrón claro u oscuro (*light or dark brown*). Diversos estudios correlacionan el color de la encía con la complexion facial y la raza étnica (Dummet et. al 1980, Ponnaiyan et. al 2014).

Kleinheinz et. al (2015) concluyen que el color rojo del tejido está directamente relacionado con la queratinización del mismo, la distribución y el número de los vasos sanguíneos. A mayor queratinización observamos por tanto un color de mucosa más claro, mientras que tejidos afectados por algún tipo de trauma, inflamación o alteración producida en la mucosa presentan un color más rojizo. (Kleinheinz et. al 2015).

Denissen et. al 2007 analizaron de manera fotográfica (Camedia G-5050 Zoom, Olympus, Tokio) el color gingival del sector anterior en 26 pacientes sanos y expresaron los resultados bajo el sistema de color CIELAB, obteniendo las siguientes medias y rangos para los tres parámetros:

- L*: 76 (72 - 78)
- a*: 20 (12 - 23)
- b*: 16 (13 - 21)

De éste estudio se deduce que las características del color gingival normal, pueden presentar una alta variabilidad en ausencia de patología.

Se debe diferenciar, por lo tanto, entre los cambios de color de origen étnico o de complejión frente a los patológicos, tales como las infecciones gingivales o periodontitis (Bergström et. al 1992); alteraciones patológicas de la pigmentación de la melanina (Koshi et. al 1976); o alteraciones de color debido al color metálico de aditamentos protésicos subyacentes (pilares, implantes, reconstrucciones, amalgamas, etc..)

La dificultad en imitar la naturaleza gingival ha sido ampliamente descrita (Park et. al 2007), y continúa suponiendo un reto para el profesional, no existiendo actualmente ninguna técnica conocida mediante la que podamos modificar el color gingival o mucoso.

Existen numerosos estudios en los que se compara el color de la mucosa periimplantaria con el diente adyacente natural a imitar (Kim et. al 2015. Bressan et. al 2011, Zembic et. al 2013, Ishikawa-Nagai et. al 2007) y todos concluyen que, independientemente del tipo de restauración o pilar utilizado, el color de la mucosa periimplantaria difiere del tejido blando del diente natural.

Esta dificultad en imitar el color natural de la encía en restauraciones sobre implantes, podría no ser relevante desde un punto de vista clínico, ya que varios autores afirman que los cambios en el color de los tejidos son menos perceptibles para el ojo humano (Paniz et. al 2015). Sin embargo, existe discrepancia a este respecto dado que otros autores sí consideran estos cambios tanto, o más perceptibles que los de la estética blanca (Sailer et. al 2014), destacando la importancia de la obtención de un color adecuado de los tejidos blandos alrededor de las restauraciones.

3. Sistemas de medición del color.

Los sistemas de medición del color en odontología pueden realizarse mediante técnicas visuales o subjetivas, o bien mediante técnicas instrumentales u objetivas.

Métodos subjetivos

Los métodos subjetivos basados en la comparación visual con guías de color estandarizadas son los que se emplean con mayor frecuencia en la práctica clínica para determinar el color gingival y dentario.

Debido a la dificultad que ocasiona la estandarización de la medición de las variables estéticas (incluyendo el color), durante la última década se han introducido diversos índices y sistemas de evaluación estética de los tejidos blandos. A continuación enumeramos los diferentes índices publicados, los cuales se encuentran desarrollados en el ANEXO I:

3.1.1 Índices que evalúan estética rosa (índices simples):

- *Papilla Index* (Jemt 1999).
- *Implant Esthetic Score (IES)* (Testori y cols. 2005).
- *Pink Esthetic Score (PES)* (Furhauser y cols. 2005).
- *Subjective Esthetic Score (SES)*. Evans & Chen 2008

3.1.2. Índices que evalúan la estética blanca y la estética rosa (índices compuestos):

- *The Implant Crown Esthetic Index (ICEI)* (Meijer y cols. 2005).
- *Pink and White Esthetic Score (PES WES)*. Belser y cols. 2009
- *Complex Esthetic Index (CEI)*. Juodzabalys & Wang 2010

- *Copenhagen Index Score (CIS)*. Hosseini & Gotfredesen 2012
- *Periimplant and Crown Index (PICI)*. Tettamanti y cols 2015

Estos índices analizan los parámetros estéticos de forma subjetiva, con la consiguiente dificultad inherente en la reproducibilidad intra- e inter-operador. Sin embargo, algunos de ellos son frecuentemente utilizados en la literatura.

Furhauser et. al 2005 definieron el índice *pink esthetic score* (PES), basado en el análisis de siete criterios estéticos: papila mesial, papila distal, nivel de la mucosa, el contorno, la deficiencia del proceso alveolar, color y textura. El PES es ampliamente utilizado en la literatura por numerosos autores que evalúan la “estética rosa” mediante este índice (Juadzbals & Wang 2007, Chen et. al 2009, Gherke et. al 2008, Lai et. al 2008, Wiesher et. al 2010).

Belser et. al (2009) desarrollan el índice *White esthetic score* (WES), que complementa el PES de Furhauser y cols. y añade cinco criterios que se centran en la restauración: forma del diente, volumen, color, textura y transparencia, se puntúan de manera similar a los criterios del PES. Es ampliamente utilizado en la literatura reciente (Buser et. al 2009, Buser et. al 2011, de Hartog et. al 2011, Galluci et. al 2011).

Meijer et. al (2005) desarrollaron un índice para poder evaluar por una parte la corona protésica y por otra los tejidos blandos circundantes y lo denominaron “*The implant crown aesthetic index*”. Se basa en la forma anatómica, color y características de la superficie de la corona, así como de la forma anatómica, color y características de la superficie de los tejidos periimplantarios. Es utilizado por varios autores para evaluar la estética de las restauraciones sobre implantes. (Testori et. al 2005, Meijndert et. al 2007, Tymstra et. al 2011, Gehrke et. al 2009, Siebers et. al 2010, Carrillo de Albornoz et. al 2014).

Existen numerosos estudios en los que se evalúa la estética de los tejidos blandos de forma subjetiva, mediante índices no descritos (Chang et. al 1999, Chen et. al 2009, Evans & Chen 2008, Dueled et. al 2009), y otros en los que los autores evalúan la estética en base a su experiencia clínica (Andersson y cols. 1998, Rosenquist & Ahmed 2000, Andersson et. al 2003, Rompen et. al 2007, Levin et. al 2005, Reddy et. al 2008).

Éstos métodos visuales dependen de evaluaciones subjetivas que pueden ser influenciados por factores relacionados con el examinador y por las diferencias en las condiciones de iluminación. Son varios los autores que comparan este tipo de métodos con los computerizados para la determinación del color gingival, y la mayoría llegan a la conclusión de que los segundos aportan mayor exactitud (Bentley et. al 1999, Paul et. al 2002, Jarad et. al 2005).

Métodos computarizados u objetivos

Desde 1990 se produce un aumento significativo de los sistemas de análisis del color digitales con el objetivo de eliminar la subjetividad de los métodos visuales. El análisis de color mediante inspección visual se considera subjetivo al existir múltiples variables tales como: las condiciones de luz, experiencia, edad, y fatiga del ojo humano, que pueden llevar a error. El fenómeno denominado metamerismo ocurre cuando dos colores parecen coincidir bajo una condición de luz determinada, pero en realidad tienen un espectro reflectante distinto.

Éstos métodos computarizados, que utilizan la colorimetría computarizada o espectrofotometría (basada en el sistema de color CIELAB) se pueden diferenciar según sean:

1. Métodos fotográficos.

Los avances en fotografía e informática digital han hecho posible que se pueda analizar las imágenes y el color de manera digital, siempre que se realice mediante el software adecuado.

La mayoría de los vídeos o cámaras digitales adquieren información de los colores rojo, verde y azul que se utiliza para crear una imagen en color. Utilizan el modelo de color RGB (modelo aditivo en el que el rojo, verde y luz azul se añaden juntos de varias formas para reproducir una amplia gama de colores).

Se han utilizado diversos enfoques para traducir esos datos en información útil del color dental. Así por ejemplo *ClearMatch* (Tecnología Inteligente, Hood River, Oregón) es un sistema de software que utiliza imágenes de alta resolución digital y compara sombras sobre el diente entero con una referencia conocida. Al igual que el software asociado a los dispositivos de medición de color, *ClearMatch* contiene la base de datos de colores estándar de la industria de las guías de colores (Chu et. al 2010).

Hay autores que están a favor de su uso ya que son económicamente más asequibles que los espectrofotómetros o colorímetros. Lambert y cols. 2004 describen cómo estandarizar de manera simple una imagen digital con la cámara de fotos 2 Pro (Fuji film, Tokio, Japón) para la comunicación con el laboratorio. Jarad et. al (2005) en un estudio *in vitro* comparan los aciertos en las mediciones de color de manera convencional frente a las mediciones de forma computerizada que se realizan con la cámara Nikon Colptx 990 (Nikon Corp, Tokio, Japón), encontrando un acierto del 43% en las mediciones convencionales y un 63% en las computerizadas. Éstos autores defienden la utilización de este método frente al espectrofotómetro por ser más económico, pero consideran este último como el “*Gold Standard*”. Wee et. al (2005) comparan la exactitud en la detección del color de tres tipos de cámaras digitales Canon D60 (Canon, Tokio, Japon), Nikon D100 (Nikon Corp, Tokio, Japón), Sigma SD9 (Sigma Corporation, Kanawaga, Japon), todos resultaron menos exactos que el espectrofotómetro, aun así, el autor afirma que puede ser un buen método si se realiza con unos protocolos de calibración adecuados.

2. Colorímetros.

Los colorímetros son dispositivos que filtran la luz en las tres áreas de espectro visible: rojo, verde y azul por eso se dice que miden valores triestímulo de color de reflectancia de la luz de una muestra, después de que la fuente de luz haya atravesado una serie de filtros. Son ampliamente utilizados en Odontología, (ShadeVision (X-Rite Europe GmbH, Rengersdorf, Suiza), ShadeScan (Cynovad, Montreal, Canada), ShadeEye (Shofu, Japan) siendo útiles en la cuantificación de diferencias de color entre las muestras. Utilizan filtros para controlar el fotodiodo de luz que llega a la muestra, lo que a la larga puede dar problemas de metamerismo y mala repetibilidad debido al envejecimiento de éstos filtros, y aunque son menos costosos que los espectrofotómetros, pueden dar problemas de precisión. Los colorímetros no son ideales para la medición de objetos translúcidos (Bolt et. al 1994) ya que miden triestímulos, mientras que los espectrofotómetros proporcionan mediciones espectrales, es decir dividen el espectro de la luz visible en franjas separadas y miden el número de fotones en cada uno de ellos (Truskowsky et. al 2003).

Gherke et. al (2009) evaluaron la reproducibilidad y repetibilidad de los métodos computerizados (colorímetros y espectrofotómetros) correlacionándolos con los métodos visuales, y observaron que los resultados de las mediciones de los colorímetros muestran claramente tonos más ligeros que los del espectrofotómetro. La gran mayoría de los autores parecen coincidir en considerar los espectrofotómetros como método de elección computerizada (Cal et. al 2006, Gherke et. al 2009, Kim Pusateri et. al 2009, Browning et. al 2009, Chu et. al 2010).

3. Espectrofotómetros.

Un espectrofotómetro funciona mediante la medición de la curva de reflectancia o curva de transmisión de una muestra. Un prisma dispersa la luz blanca de una lámpara de tungsteno-filamento en el espectrofotómetro en un espectro de bandas de longitud de onda de entre 5 y

20nm. La cantidad de luz reflejada por una muestra es medida para cada longitud de onda en el espectro visible. Los espectrofotómetros tienen una vida útil más larga que los colorímetros y no se ven afectados por el metamerismo (Paravina et. al 2004).

Los espectrofotómetros para uso odontológico en el mercado son varios y cada vez se desarrollan nuevos modelos al considerarse el “*Gold Standard*” en la medición del color:

- Spectraflash 600 PLUS (Datacolor, Suzhou, China)
- Spectra Scan PR-704 (Chatsworth CA, USA)
- Easyshade Dental Color Analyzer (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany)
- Identacolor II (Identa, Cuxhaven, Germany)
- Handy-MSD (Olympus, Tokyo, Japan)
- Spectroshade MHT (Optic Research, Niederhasli, Switzerland) (Figura 6)
- CrystalEye (Olympus, Tokio, Japón).

La mayoría de los dispositivos tienen una fiabilidad similar elevada (más del 96%), lo que indica valores predecibles en mediciones repetidas (Chen et. al 2012, Dozic et. al 2010, Chu et. al 2010, Lagouvardos et. al 2009, Karamouzous et. al. 2007, Dozic et. al 2007, Khurana et. al 2007, Kim-Pusateri et. al 2009). Debido a esto, los autores comienzan a introducirlos para la medición del color de los tejidos blandos, al considerarlos los métodos más objetivos (Ishikawa-Nagai et. al 2007, Jung et. al 2008, Park et. al 2007, Zembic et. al 2009, Bressan et. al 2011).

La repetibilidad (cercanía entre los resultados de mediciones sucesivas de la misma magnitud, efectuadas bajo las mismas condiciones de medición) y reproducibilidad (cercanía entre los resultados de las mediciones de la misma magnitud, efectuada bajo condiciones de medición diferentes) son factores importantes que hay que considerar para determinar la calidad de los aparatos que se utilizan para los estudios clínicos, ya que aportan información acerca del grado de error que se puede esperar en cualquier diagnóstico, puntuación o medida (Kottner et. al 2011).

Y aunque es cierto que la reproducibilidad de los espectrofotómetros sobre el color de los dientes, está bien documentada en la literatura (Chu et. al 2010), su precisión en la medición de los tejidos blandos no ha sido aún testada.

Sin embargo múltiples estudios (Sailer et. al 2009, Zembic et. al 2009, Park et. al 2007, Isikawa Nagai et. al 2007, Bressan et. al 2011, Happe et. al 2013, Jung et. al 2007, Cosgarea et. al 2015) estudian el color de la mucosa periimplantaria mediante estos dispositivos, sin tener en cuenta los posibles sesgos inherentes a la medición sobre encía o mucosa periimplantaria.

La influencia de la iluminación en la toma del color del tejido blando, es desconocida a día de hoy, y a pesar de que los espectrofotómetros tienen integrada una iluminación estandarizada, el efecto de la luz ambiental en las mediciones del color debiera ser considerado.

Otro factor a considerar en el análisis del tejido blando, es el efecto de la presión. El espectrofotómetro es habitualmente apoyado en el tejido a estudiar, con el objetivo de controlar la distancia de medición al objeto. Este hecho podría ser un factor relevante, ya que cualquier contacto con los tejidos podría ocasionar una modificación del color a estudiar, al disminuir o aumentar el aporte vascular, especialmente en áreas de estudio pequeñas como es el margen gingival.

4. Factores que influyen en el color de los tejidos blandos

1. Color del material

A pesar de que los autores se esfuerzan en imitar la estética de los dientes naturales adyacentes en las restauraciones con implantes, los estudios demuestran una clara discrepancia entre el color de los tejidos blandos alrededor de los implantes y de los dientes naturales (Ishikawa Nagai et. al 1998, Jung et. al 2008, Sailer et. al 2009b, Zembic et. al 2009, Bressan et. al 2011, Cosgarea et. al 2015, Kim et. al 2015, Benic et. el 2016). Phillips et. al (1998) evaluaron las coronas de los

implantes frente a los de dientes naturales observando que en más del 60% de los casos existía una falta de coincidencia del color entre el tejido blando de la restauración del implante y el diente natural. Este resultado coincide con numerosos estudios que observan esta misma discordancia independientemente del tipo de pilar utilizado para la restauración (Ishikawa Nagai et. al 1998, Jung et. al 2008, Sailer et. al 2009b, Zembic et. al 2009, Bressan et. al 2011, Cosgarea et. al 2015, Kim et. al 2015, Benic et. al 2016). Benic et. al (2016) en un reciente estudio observan que en un 60% de los pacientes los cambios de coloración de la mucosa periimplantaria son visibles a una distancia social. Esto se identifica como un problema importante para la estética general de las restauraciones sobre implantes en la zona anterior. Magne et. al (1999) describen que la prevalencia de una discoloración grisácea alrededor de todas las restauraciones es independiente del material de elección, para ello se apoyan en lo que denominan efecto paraguas “*umbrella effect*” (Figura 6), definido como el efecto que se produce en el tejido blando debido a la ausencia de luz indirecta que penetra en los tejidos. Este efecto es por lo tanto dependiente tanto de la longitud del labio, como de la opacidad del material en contacto con el tejido (Magne et. al 1999). Este efecto se magnifica aún más en las restauraciones sobre implantes dentales, en donde los tejidos suelen estar ya comprometidos, antes incluso de restaurar el implante (Gamborena y Blatz 2011).

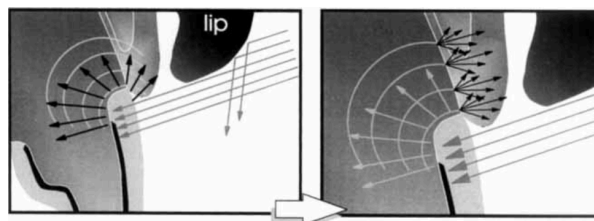


Figura 6. Efecto paraguas (Magne et. al 1999)

Las propiedades ópticas de una restauración deben ir por lo tanto orientadas a imitar a las del diente natural, el cual presenta las características de: reflejar, difundir, absorber y transmitir la luz que le llega a su superficie.

Así Gamborena y Blatz (2011) describen cinco parámetros o guías clínicas a considerar para evitar esa zona grisácea alrededor de las restauraciones sobre implantes:

1. Colocación tridimensional adecuada del implante.
2. Grosor del tejido blando que permita una correcta interfase implante-restauración.
3. Selección de un adecuado pilar: biocompatible, que permita estabilidad tisular en el tiempo y coloración adecuada, tanto para el tejido como para la restauración.
4. Restauración definitiva que consiga imitar el diente natural.
5. Conciencia de la línea de sonrisa, ya que puede afectar al resultado final.

La influencia de los pilares protésicos parece por lo tanto ser crítica para obtener resultados estéticos apropiados (Galluci et. al 2004).

Titanio

El titanio es un metal reactivo que se extrae a partir de minerales como la menachanita; el rutilo de titanio (forma natural del bióxido de titanio o TiO_2); o de la ilmenita (titanio de hierro). El empleado para la confección de prótesis es el titanio comercialmente puro, que incorpora además cantidades mínimas de oxígeno, nitrógeno, hidrógeno, hierro y carbono durante los procedimientos de purificación. Estas pequeñas adiciones modifican las propiedades físicoquímicas del titanio, lo que justifica la existencia de cuatro tipos o grados de este metal (según la clasificación propuesta por la A.S.T.M. o American Society of Testing and Materials). Además del titanio puro, se puede emplear alguna de sus aleaciones como: Ti-6Al-4V, Ti-15V, Ti-20Cu, Ti-30Pd.

Los pilares de titanio son comúnmente utilizados en las restauraciones protésicas sobre implantes debido a sus buenas propiedades biomecánicas. Presentan altas tasas de éxito como pilar protésico definitivo, y pueden considerarse el “gold standard” en rehabilitaciones sobre implantes debido a sus bajas complicaciones desde un punto de vista biológico y mecánico (Andersson et. al 1995, Zembic et. al 2009). Como consecuencia de la alta demanda estética de los últimos años, su utilización en sectores estéticos es controvertida, ya que los pilares coloreados en oro y de zirconia han demostrado superioridad desde un punto de vista estético (Sicilia et. al 2015, Carrillo de Albornoz et. al 2014). Son varios los autores que coinciden en afirmar que los pilares metálicos pueden ocasionar discoloraciones de la mucosa subyacente (Heydecke et. al 1999, Jung et. al 2008, Thoma et. al 2016) comprometiendo la estética. Éstos cambios de coloración frecuentemente descritos, parecen ser mayores cuanto más cercanos al margen periimplantario (Park et. al 2006), y según estudios en animales (Jung et. al 2007, Ioannidis et. al 2016) están directamente relacionados con el grosor del tejido, aunque esta influencia del grosor no es concluyente en estudios *in vivo* (Bressan et. al 2011), y aún no se ha determinado a partir de que grosor estos cambios de color pueden atenuarse en modelos *in vivo*.

Dorado (Nitruro de titanio).

Durante un período de tiempo los pilares colados en oro se consideraron la mejor alternativa para la confección de pilares customizados, sin embargo, su uso decreció debido a su baja biocompatibilidad y alto coste. En estudios en animales el sellado biológico que se produce alrededor de los pilares de oro no parece ser adecuado si se compara con los pilares de titanio (Abrahamsson et. al 1998).

Debido a los problemas de decoloración gingival descritos con la utilización de pilares de titanio, los pilares de zirconio y de titanio dorado se introdujeron en el mercado con el fin de enmascarar el color grisáceo del titanio, en la mucosa periimplantaria. Como consecuencia de la naturaleza propia del zirconio, los pilares de ese material no permiten corregir angulaciones de

más de 25-30°, debido a esto los pilares de titanio dorados se han estudiado en la literatura como alternativa al titanio y al óxido de zirconio, con el fin de lograr mejorar la estética de la mucosa periimplantaria y mantener las propiedades mecánicas del titanio (Bressan et. al 2011, Van Brakel y et. al 2011, Hossinni et. al 2012). El pilar de titanio dorado, denominado “*Gold Hue titanio*”, está fabricado en titanio y recubierto por una capa de material biocompatible de nitruro de titanio (TiN), que le confiere ese aspecto dorado, gracias a lo cual se mantienen las propiedades de los pilares de titanio, mejorando la transmisión del color a través de la mucosa periimplantaria. Esta translucidez puede llegar a ser similar a la transmisión que produce el óxido de zirconio (Bressan et. al 2011), obteniéndose valores mucho más parecidos al diente natural y pudiendo evitarse el indeseable efecto grisáceo del titanio a ese nivel. Sin embargo y a pesar de que hay autores que recomiendan su uso como alternativa al titanio en sectores estéticos (Bressan et. al 2011, Kim et. al 2015, Ioannidis et. al 2016), los pilares dorados apenas han sido estudiados desde un punto de vista estético.

Zirconia

Es uno de los elementos más abundantes de la naturaleza. Sin embargo, al ser muy reactivo sólo se halla en combinación con otros elementos. En la mayor parte de las reacciones se une al oxígeno. De los minerales con contenido en zirconio los más relevantes son el circón (silicato de zirconio) y la badeleyita (óxido de zirconio). Presenta unas características propias en cuanto a resistencia y comportamiento óptico que le hacen ser un metal único.

El óxido de zirconio químicamente se representa como ZrO_2 , pero coloquialmente se le conoce como zirconia, El óxido de zirconio que se emplea en Odontología hoy en día se presenta en forma de Y-TZP (óxido de zirconio Tetragonal parcialmente estabilizado con Ytrio), compuesto en un 95% por óxido de zirconio altamente sinterizado, y estabilizado parcialmente con Ytrio al 5%.

La gran mayoría de los autores coinciden en el uso de pilares de zirconia para conseguir una estética adecuada tanto de la restauración (Linkevicius et. al 2015, Carrillo de Albornoz et. al 2014, Andersson et. al 2001, Blatz et. al 2009, Sailer et. al 2007, Happe et. al 2011, Zembic et. al 2009, Jung et. al 2008) como de los tejidos periimplantarios (Jung et. al 2008). Parece existir un consenso en la recomendación del uso de pilares de zirconia, en zonas de alta demanda estética (Sicilia et. al 2015). Sin embargo, los estudios que analizan el color de la mucosa periimplantaria del óxido de zirconio blanco siguen encontrando diferencias con el diente natural (Sailer et. al 2009, Zembic et. al 2009, Bressan et. al 2011, Hosseinni et. al 2013, Cosgarea et. al 2014), ya que no consigue imitar a la naturaleza en cuanto al color gingival se refiere.

Zirconia Coloreada

Según lo anteriormente expuesto, los pilares a base de óxido de zirconio parecen ser de elección en rehabilitaciones con alta demanda estética. Sin embargo sus propiedades ópticas siguen siendo controvertidas para varios autores (Isikawa Nagai et. al 2007) debido a su alta opacidad, alto índice de refracción y reducido coeficiente de absorción, que dificultan imitar en parte las propiedades de la dentina natural (Pecho et. al 2012). Para solventar este problema, se ha propuesto modificar las propiedades de color de la propia zirconia, ya sea bien incrementando su translucidez, consiguiendo mayor visibilidad de las capas más profundas (Baldissara et. al 2010) o bien colorearla para intentar imitar el color de la dentina subyacente del diente natural (Pecho et. al 2011).

La utilización del Óxido Ferroso (Fe_2O_3) parece ser útil en la consecución de un color pardo-amarillento, con el fin de parecerse a la dentina natural. Se ha demostrado que el Fe_2O_3 no produce alteraciones en la estructura de los bloques de zirconia (Guray Kaya et. al 2013), Ceramics Internacional), aunque el proceso de coloración de la zirconia, es difícil y de precisión, en el que influyen múltiples factores como la calidad de los colorantes, la concentración de los pigmentos

en los líquidos por evaporación o precipitación. Por lo que la variabilidad dentro de un mismo rango de color puede ser alta.

Hay autores que obtienen buenos resultados estéticos en la mucosa periimplante al colorear en rosa o naranja, únicamente la porción submucosa del pilar para conseguir imitar el color periimplantario adecuado (Ishikawa Nagai et. al 2007, Thoma et. al 2015) sin embargo aún no se conocen las consecuencias biológicas a largo plazo que pueden acontecer al aplicar determinadas sustancias en contacto con la mucosa.

Zirconia Fluorescente

Como se ha mencionado anteriormente, la coincidencia de color entre los dientes naturales y los materiales de restauración es a menudo un procedimiento impredecible (Vichi et al. 2011) debido a las propiedades ópticas de los dientes (traslucidez, opalescencia y fluorescencia). Conseguir además imitar el tipo de translucidez 3D que encontramos en dientes naturales es primordial. Esto sólo es posible controlando la absorción, la refracción y la transmisión de la luz en las cerámicas para uso odontológico.

La fluorescencia es una propiedad del diente natural mediante la cual, al recibir una luz, éste emite fotones. Se sabe que tanto la dentina como el esmalte son estructuras fluorescentes, siendo esta propiedad más acentuada en la dentina debido a la mayor cantidad de pigmentación orgánica fotosensible a los rayos luminosos. Este fenómeno es importante porque, dependiendo de la luz incidente en las estructuras, su luminosidad puede ser aumentada por el fenómeno de la luminiscencia.

Se ha observado que, al aplicarse a la zirconia, la capacidad de reproducir ese fenómeno, se podría hipotéticamente fomentar la luminosidad en la zona crítica de la mucosa periimplantaria (Happe et. al 2011).

Con el objetivo de intentar igualar las propiedades ópticas de los dientes, Happe y cols. proponen la utilización de pilares de zirconio fluorescente (Figura 7), ya que observan que el brillo de los tejidos blandos peri-implante parece estar más adaptado a la situación natural (Happe et. al 2013).



Figura 7. Pilar de Zirconia tratado mediante fluorescencia (Happe et. al 2013)

2. Grosor/biotipo

Inmediatamente después de la segunda fase quirúrgica de los implantes para su posterior carga, el tejido blando sufre cambios dimensionales (Grunder et. al 2000, Small et. al 2000, Cardaropoli et. al 2006, Galluci et. al 2006). Aunque éstos cambios no son predecibles (Kan et. al 2003) y dependen de las condiciones individuales de cada paciente, pueden llevar implícita una decoloración, ya que habitualmente ocasionan una translucidez del margen periimplantario (Ishikawa-Nagai et. al 2007), comprometiendo la estética de la restauración.

Un tejido gingival fino puede ser delicado y casi transparente en apariencia (Chang et. al 1999) contribuyendo a un indeseable efecto de translucidez del material subyacente, como la presencia de un color grisáceo en el margen gingival debido, por ejemplo, a un pilar de titanio (Park et. al 2007, Sailer et. al 2009, Garber et. al 1996).

El grosor del tejido blando periimplantario parece influir en la translucidez de los materiales de restauración y ha sido descrito como un factor crucial para el resultado estético de las restauraciones de implantes (Jung et. al 2007, Cosgarea et. al 2014). Por otro lado, el grosor del tejido gingival inicial en la cresta alveolar puede ser considerado como un factor importante que influye en la estabilidad de hueso marginal alrededor de los implantes (Sicilia et. al 2015). En este contexto la identificación del biotipo periodontal es de suma importancia para la planificación, prevención y tratamiento en odontología. Desde que Claffey y Shanley definieron el biotipo fino (Claffey et. al 1986) como aquel con un espesor gingival $< 1,5$ mm, y el biotipo grueso como aquel con un espesor del tejido > 2 mm, varios métodos han sido utilizados para medir el grosor gingival:

1. *Métodos invasivos*: como el sondaje transgingival (TRAN) (Vandana et. al 2005), o una lima de endodoncia (Jung et. al 2008, Sailer et. al 2009, Zembic et. al 2009, Muller et. al 2000, Savitha y Vandana 2005, Barriviera et. al 2009, Cosgarea et. al 2014)
2. *Métodos no invasivos*: transparencia de la sonda a través de la encía libre (Kan et. al 2003, de Rouck et. al 2009, Juodzbaly et. al 2007, Cosyn et. al 2013), modelos de yeso (Van Brakel et. al 2011), dispositivos de ultrasonidos (Chang et. al 1999, Muller et. al 2009, Slak et. al 2015), y más recientemente la tomografía de haz cónico (CBCT) (Barriviera et. al 2009, Benic et. al 2014).

Sólo los ultrasonidos (Chifor et. al 2011, Slak et. al 2105), y el CBCT (Song et. al 2008; Barriviera et. al 2009, Januario et. al 2008, Ueno et. al 2010, Dvorak et. al 2012) han sido validados en la literatura como métodos fiables para medir el grosor gingival.

3 Otros

Existen múltiples factores que afectan al color de los tejidos blandos, unos internos, propios del individuo como son la raza (Oluwole et. al 2010), el grosor del epitelio, el grado de queratinización, la magnitud de la pigmentación, la vascularización subyacente, la inflamación de los tejidos (Dummett et. al 1960) sexo, edad y localización (Heydecke y cols 2005) y otros externos como el tabaco (Jones et. al 1977) o la localización y tipo de la restauración protésica (Benic et. al 2014).

JUSTIFICACIÓN

III. JUSTIFICACIÓN.

La reproducción del color de las restauraciones sobre implantes constituye un reto desde un punto de vista estético, siendo especialmente difícil de imitar la encía del diente natural.

La medición del color dental mediante espectrofotometría ha demostrado ser fiable, ya que son varios los estudios que avalan su repetibilidad y validez (Ishikawa Nagai et. al 2005, Karamouzous et. al 2007, Chu et. al 2010), sin embargo, esta precisión no ha sido aún testada en los tejidos blandos. Son varios los autores que han medido y estudiado el color de las mucosas mediante este tipo de dispositivos (Sailer et. al 2009, Zembic et. al 2009, Bressan et. al 2011, Happe et. al 2011, Park et. al 2007, Ishikawa Nagai et. al 2007, Happe et. al 2013, Paniz et. al 2013) sin tener en cuenta los posibles sesgos inherentes a la naturaleza de la mucosa. Factores como la presión sobre el tejido, o la iluminación de la zona no han sido estudiados aún y no se conoce si afectan a la obtención del color gingival, no pudiendo por lo tanto extrapolar a día de hoy la precisión de estos dispositivos, a los tejidos blandos.

Los autores parecen coincidir en la importancia del tipo de pilar de una restauración a nivel gingival (Linkevicius et. al 2015, Sicilia et. al 2015) y su influencia, por lo tanto, en el resultado estético final y aunque la mayoría proponen el uso de pilares cerámicos a base de óxido de zirconio para conseguir una estética adecuada ningún material, hasta ahora ha sido capaz de imitar el color de la encía del diente natural.

Parece existir consenso en que el titanio es el pilar que peores resultados obtiene cuando se compara con zirconia sin embargo algunos autores observan un mejor comportamiento del titanio dorado que de la zirconia blanca y otros por el contrario obtienen mejores propiedades ópticas con el óxido de zirconio blanco que con el titanio dorado, por lo que el impacto de los pilares protésicos en el color de la mucosa es aún controvertido.

Con el fin de tratar de solventar las limitaciones estéticas que se describen acerca de los pilares clásicos de titanio y zirconia se han incorporados materiales con modificaciones del color original como titanio dorado, zirconia fluorescente, zirconia con color, obteniéndose resultados prometedores con ellos. Sin embargo, la escasez de estudios en este sentido hace que aún no dispongamos de unos criterios y parámetros bien definidos en cuanto a cuál es el que mejor imita a la naturaleza y bajo qué circunstancia.

El papel del grosor de la mucosa periimplantaria en la transmisión del color aún no está claro, y aunque existen estudios *in vitro* que confirman su importancia en la obtención de un determinado color, y su capacidad de camuflar algunos materiales, cuando se ha estudiado en modelos *in vivo* los resultados no son concluyentes, no encontrándose diferencias según el grosor.

HIPÓTESIS

IV. HIPOTESIS

1. *Hipótesis principal.*

- La hipótesis general de este trabajo es que el color de la mucosa periimplantaria es dependiente del tipo de pilar subyacente. Según esta hipótesis, la encía del diente natural se puede imitar de manera más predecible con materiales de óxido de zirconio color modificados (zirconia coloreada y zirconia fluorescente) que con los clásicos pilares de titanio, titanio dorado y zirconio blanco.

2. *Hipótesis específicas.*

- La reproductibilidad del espectrofotómetro en la medición del tejido blando no es dependiente del operador, pero sí del método utilizado, pudiendo verse afectadas las mediciones por el tipo de iluminación presente en el ambiente, así como por la presión que pudiera sufrir el tejido durante la obtención de la muestra (Estudio 1).
- El grosor del margen periimplantario influye en el color final resultante de los pilares protésicos, y es capaz de camuflarlo en mayor o menor medida dependiendo del tipo de material y de grosor, pudiendo esperarse un mayor enmascaramiento cuanto mayor sea el grosor de la mucosa, obteniendo así una mayor predictibilidad en imitar al tejido gingival adyacente (Estudio 2).

OBJETIVOS

V. OBJETIVOS

1. *Objetivo principal.*

- Evaluar los cambios de color que se producen en la mucosa periimplantaria mediante la utilización de pilares de titanio, oro, zirconia blanca, zirconia coloreada A4 y zirconia fluorescente, en función de la altura y grosor del margen periimplantario.

2. *Objetivos específicos.*

- Estudiar la reproducibilidad y repetibilidad del espectrofotómetro en la obtención del color gingival (Estudio 1).
- Evaluar la repercusión de los cambios de grosor periimplantario a <1 , 1- 2 y >2 mm, en la obtención del color resultante en función de los distintos tipos de pilares utilizados: titanio, oro, zirconia blanca, zirconia coloreada A4 y zirconia fluorescente (Estudio 2).

MATERIAL Y MÉTODOS. RESULTADOS

VI. MATERIAL Y MÉTODOS. RESULTADOS

La descripción detallada del material y métodos, así como los resultados de este trabajo de investigación han sido publicados como artículos científicos en dos publicaciones independientes, con las siguientes referencias:

1. Sala L, Carrillo de Albornoz A, Martin C, Bascones-Martínez A (2015). Factors involved in the spectrophotometric measurement of soft tissue: A clinical study of interrater and intrarater reliability. *Journal of Prosthetic Dentistry*: Jun; 113 (6): 558-64.
2. Sala L, Bascones-Martínez A, Carrillo de Albornoz A (2016). Impact of abutment material on periimplant soft tissue color. An in vitro study. *Clinical Oral Investigations*; Nov; Epub Ahead of print.

ARTÍCULO 1.

Sala L, Carrillo de Albornoz A, Martin C, Bascones-Martínez A (2015). Factors involved in the spectrophotometric measurement of soft tissue: A clinical study of interrater and intrarater reliability. *Journal of Prosthetic Dentistry*: Jun; 113 (6): 558-64.

Factores que influyen en las mediciones espectrofotométricas del tejido blando: estudio clínico de fiabilidad inter-examinador e intra-examinador.

Objetivo

Evaluar la repetibilidad y reproducibilidad de un espectrofotómetro digital en las mediciones del color gingival. El error en la medición se estimó determinando la eficacia de las mediciones inter-examinadores, y mediante la repetición de las mediciones bajo diferentes circunstancias de iluminación ambiental, con contacto y sin contacto de la encía a estudiar.

Material y métodos

Se llevó a cabo un estudio de fiabilidad inter e intra-examinador de variables continuas. Para ello se reclutaron 30 alumnos del programa de postgrado de la Institución Universitaria Mississippi, que fueron previamente informados del propósito del estudio, los procedimientos clínicos y los materiales a utilizar, firmando el correspondiente consentimiento informado. El estudio clínico se llevó a cabo de acuerdo a los principios de la Declaración de Helsinki y de la legislación vigente.

El diseño del estudio y la ejecución del mismo se realizaron según las recomendaciones del *Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies* (Kottner et. al 2011).

Cálculo del tamaño muestral

Se calculó el tamaño muestral para un Índice de coeficiente de correlación (ICC) de 0.80 considerando $\alpha=0.05$ and $\beta=0.1$, mediante la fórmula $n=(z_{1-\beta/2}+z_{1-\beta} \cdot \ln(1+r)/(1-r))^2+3$; donde z son los valores de probabilidad de unas distribuciones normales y r es el Coeficiente de Correlación (Transformación de Fisher), obteniendo un n de 12. El tamaño de la muestra se aumentó hasta un n de 30 para conseguir una mayor robustez de los datos.

Criterios de inclusión

Se incluyeron en el estudio los pacientes que presentaban los siguientes criterios de inclusion:

- Edad comprendida entre 20 y 30 años (para evitar la posible variabilidad del color gingival asociada al aumento de la edad (Schnitzer et. al 2004))
- Presencia de al menos un incisivo central sin restaurar
- Encía queratinizada en relación al diente a estudiar de al menos 5mm de altura

Criterios de exclusión

Se descartaron los sujetos que pudieran presentar alguna de las siguientes características:

- Presencia de algún tipo de enfermedad sistémica
- Sujetos tratados con medicamentos que pudieran afectar al periodonto
- Diagnóstico de periodontitis crónica o agresiva (Armitage y cols. 1999)
- Índice de placa > 20% (6 sitios por diente)
- Índice de sangrado > 20% (6 sitios por diente)
- Presencia de recesión del diente a estudiar tanto en el aspecto vestibular, como mesiodistal

- Fondo de vestíbulo corto que no permitiera posicionar el aparato en su posición correcta de forma cómoda.

El proceso de selección se realizó de manera consecutiva hasta obtener 30 sujetos.

Análisis espectrofotométrico

El análisis espectrofotométrico fue realizado por dos examinadores, previamente entrenados en el uso del dispositivo (Spectroshade, MHT). Los examinadores se entrenaron en la toma del color gingival aplicando la menor presión posible sobre el tejido, no pudiendo registrarse la cuantificación objetiva de la presión ejercida.

Cada uno de los examinadores procedió a la toma del color gingival del incisivo central superior derecho de forma independiente. Si el incisivo central superior derecho no cumplía los criterios de inclusion debido a decoloración, tratamiento endodóntico, o de restauración, se procedió a seleccionar el incisivo central superior izquierdo.

Antes de la utilización del espectrofotómetro, éste se calibró individualmente para cada paciente, mediante una loseta que proporciona la casa comercial, en la que se calibran el color blanco y el verde.

Antes del registro de las muestras, se indicaron todas las especificaciones pertinentes a los participantes, en las que se les instruyó a sentarse en el sillón dental en una posición de 90°, con la cabeza apoyada en el cabecero durante todas las mediciones. No se determinó ningún tiempo límite para cada una de las sesiones.

Cada examinador procedió a registrar los datos bajo las diferentes circunstancias ambientales descritas en el objetivo del estudio, obteniéndose, por lo tanto, tres tipos de mediciones en tres circunstancias ambientales diferentes:

1. Iluminación externa sin presión en la zona
2. Ninguna iluminación externa ni presión en la zona
3. Iluminación externa y presión en la zona

1. Con iluminación externa sin presión.

Para la toma del color se procedió a colocar la férula desechable del dispositivo (prevención de infección cruzada) para captar un mínimo de 5mm de encía queratinizada del incisivo central. Se evitó todo tipo de contacto con la encía interposicionando los dedos pulgar e índice de la mano contralateral, apoyándose estos en las caras vestibulares de los dientes adyacentes, tal y como se muestra en la imagen (figura 8).

La luz presente durante la toma de color se mantuvo en un rango de 1090-1098 luxes para todas las muestras, objetivando su medición gracias al luxómetro HT 306 (HT Instruments).



Figura 8. Metodología de obtención del color en el ambiente 1

2. Sin iluminación externa ni presión.

Se evitó el contacto/presión sobre el tejido siguiendo el mismo protocolo que en el ambiente 1, y se eliminó toda iluminación externa, de tal modo que la única luz presenta durante la toma de color fue la que se emitió desde el dispositivo.

3. Con Iluminación externa y presión.

Las condiciones de luz en este caso fueron las mismas que en el ambiente 1 (1090-1098 luxes), y se procedió a colocar el dispositivo en contacto con la mucosa para la toma de color, tal y como indican las instrucciones del fabricante. Posicionando la férula desechable de poliuretano del dispositivo en contacto con el tejido, haciendo la menor presión posible.

Todos los participantes recibieron las mediciones por triplicado, en cada uno de los tres ambientes.

El espectrofotómetro utilizado en este estudio (*Spectroshade* MHT), se caracteriza por emitir una luz constante de D65 (6500K), gracias a su sistema de iluminación LED. Este sistema de iluminación, está dividido en dos haces de luz que se emiten desde 45° cada una, de manera que inciden en el objeto a iluminar a una angulación de 0°. Presenta dos áreas de detección del color (CCD (*Charge Couple Device*)), cada una de un tamaño de 18x13mm, una de ellas recoge la gama de colores propiamente dicha, y la otra los negros y blancos. Recogen y almacenan todos los datos en un archivo, donde se transforman en los distintos parámetros del color del sistema Cielab o Cielch.

El instrumento se lo coloca en una posición ortoradial con respecto a la zona de estudio, y la posición se considera correcta si la diferencia entre el ángulo de ideal y el obtenido es menor de 3°.

Las imágenes fueron analizadas y procesadas mediante el software disponible con el aparato (v3.01; MHT).

En el presente estudio se midió el color de la encía del margen gingival del incisivo central en una circunferencia de 2.9 mm tal y como se muestra en la figura 9.

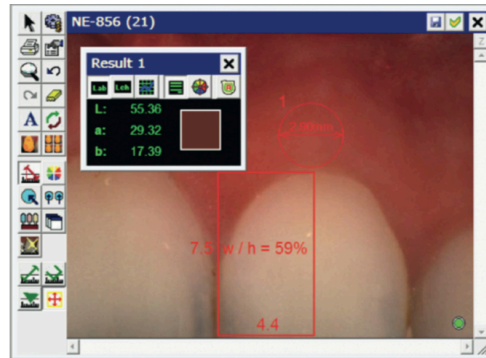


Figura 9. Circunferencia de la zona de estudio del margen gingival.

Análisis de las muestras

Se registraron los parámetros obtenidos según el sistema Cie: L*(Luminosidad), a* (croma a lo largo del eje rojo-púrpura y azul-verde) , b*(croma a lo largo del eje amarillo y morado-azul) , c*(croma), h*(valor) , y ΔE (distancia euclídea), calculándose la media de las tres medidas obtenidas para cada sujeto, en cada uno de los ambientes, para su posterior análisis estadístico.

El valor de la distancia euclídea (ΔE) se calculó a partir de las fórmulas CIELAB (ΔE_{ab}) y CIEDE2000 (ΔE_{00}) propuestas por la Comisión Internacional del color para el cálculo de las diferencias del color:

$$\Delta E_{ab} = [(L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2]^{1/2}.$$

$$\Delta E_{00} = [(DL/K_L S_L)^2 + (DC/K_C S_C)^2 + (DH/K_H S_H)^2 + R_T (DC/K_C S_C)(DH/K_H S_H)]^{1/2}.$$

Se realizó un análisis estadístico para cada sujeto y para cada objetivo del estudio, llevando a cabo un análisis descriptivo para cada uno de los parámetros mencionados (L*, a*, b*, c*, h*, ΔE) gracias al

programa (SPSS de Windows v19.0; IBM Inc).

La normalidad de las muestras se confirmó mediante un análisis de Kolmogorov-Smirnov.

La fiabilidad intra e inter-examinador se calculó mediante un Índice del Coeficiente de Correlación (ICC) a un 95% de intervalo de confianza. Las medidas de concordancia se determinaron basándose en la escala de 6 niveles propuesta por Landis y Koch (Tabla 1) (Landis y Koch 1977):

Valor de ICC	Nivel de concordancia
<0.01	Pobre
0.01-0.20	Ligera
0.21-0.40	Débil
0.41-0.60	Moderado
0.61-0.80	Buena
0.81-1.00	Casi perfecta

Tabla 1. Índice de concordancia de Landis y Koch

Resultados

Un total de 32 pacientes fueron invitados a participar en este estudio. Dos pacientes fueron descartados, uno debido a un fondo de vestibulo poco profundo que impidió posicionar el dispositivo, y otro por presentar restaurados ambos incisivos. De esta manera, la muestra se completó con un total de 30 pacientes, (19 mujeres y 11 hombres) con una media de edad de 27 ± 2.6 . El margen gingival del incisivo central derecho fue medido en 29 pacientes, mientras que en un individuo se optó por medir el margen del incisivo central izquierdo al presentar una restauración comprometiendo la zona subgingival del diente 1.1.

La fiabilidad intra-examinador e inter-examinador fue > 0.9 para todos los parámetros del sistema de color CIE (L^* , c^* , h^* , a^* , b^*), para cada uno de los tres distintos ambientes. Los datos se muestran en la Tabla 2.

Color	Intra-examinador: ICC (95% CI)		Inter-examinador: ICC (95%CI) Examinadores A/B
	Examinador A	Examinador B	
Ambiente 1			
L	0,992 (0,985;0,996)	0,984 (0,970;0,992)	0,977(0,942;0,990)
C	0,972(0,948;0,986)	0,969(0,944;0,984)	0,958(0,913;0,980)
h	0,988(0,978;0,994)	0,987(0,976;0,993)	0,981(0,960;0,991)
a	0,979(0,961;0,989)	0,979(0,961;0,989)	0,986(0,971;0,993)
b	0,983(0,970;0,992)	0,979(0,961;0,989)	0,910(0,812;0,957)
Ambiente 2			
L	0,996(0,992;0,998)	0,988(0,968;0,992)	0,973(0,932;0,988)
C	0,986(0,972;0,993)	0,959(0,925;0,979)	0,919(0,826;0,962)
h	0,993(0,987;0,996)	0,984(0,971;0,992)	0,980(0,959;0,991)
a	0,989(0,980;0,994)	0,970(0,945;0,985)	0,948(0,891;0,975)
b	0,991(0,984;0,996)	0,983(0,969;0,991)	0,971(0,940;0,986)
Ambiente 3			
L	0,986(0,974;0,993)	0,976(0,956;0,988)	0,983(0,963;0,992)
C	0,950(0,909;0,975)	0,926(0,865;0,962)	0,922(0,781;0,968)
h	0,960(0,926;0,980)	0,955(0,917;0,977)	0,979(0,961;0,989)
a	0,949(0,908;0,974)	0,930(0,873;0,964)	0,933(0,861;0,968)
b	0,981(0,966;0,990)	0,979(0,962;0,989)	0,963(0,923;0,982)

Tabla 2. Estudio de la fiabilidad bajo los distintos ambientes estudiados. ICC, (Coeficiente de correlación Intra-clase); 95% CI, (Intervalo de confianza al 95%).

Cuando se compararon las diferencias entre los distintos parámetros para cada uno de los ambientes, se encontraron diferencias estadísticamente significativas para los valores de las medias de L*, c*, a* y b* en los casos en los que se produjo contacto con la mucosa frente a os que no se produjo ningún

contacto, no observándose esas diferencias en los valores h^* . No se observaron diferencias en las mediciones analizadas con, y sin iluminación para ninguno de los parámetros del color (Tabla 3).

Parámetros del color		Ambiente 1 versus 2	Ambiente 1 versus 3	Ambiente 2 versus 3
ΔL	Mean \pm SD	-0.11 \pm 0.80	-0.67 \pm 1.18	-0.55 \pm 0.91
	95% CI	-0.40/0.20	-1.11/0.23	-0.90/0.22
	SEM	0.14	0.22	0.16
	p	0.445	0.004*	0.002*
Δc	Media \pm DS	-0.08 \pm 0.52	-1.66 \pm 1.38	-1.58 \pm 1.36
	95% CI	-0.27/0.11	-2.17/-1.14	-2.09/-1.07
	SEM	0.96	0.25	0.24
	p	0.415	< 0.001*	<0.001*
Δh	Media \pm DS	-0.01 \pm 0.64	-0.12 \pm 1.7	-0.10 \pm 1.85
	95% CI	-0.22/0.25	-0.54/0.78	-0.59/0.80
	SEM	0.12	0.32	0.32
	p	0.895	0.717	0.764
Δa	Media \pm DS	-0.09 \pm 1.02	-1.62 \pm 1.96	-1.53 \pm 2.23
	95% CI	-0.48/0.28	-2.36/0.9	-2.36/0.70
	SEM	0.19	0.35	0.40
	p	0.609	<0.001*	<0.001*
Δb	Media \pm DS	-0.19 \pm 0.85	-1.05 \pm 0.95	-0.86 \pm 0.54
	95% CI	-0.51/-0.12	-1.41/-0.70	-1.05/-0.65
	SEM	0.15	0.17	0.10
	p	0.213	<0.001*	<0.001*
ΔE_{ab}	Media \pm DS	0.84 \pm 0.76	2.37 \pm 1.30	2.24 \pm 0.96
ΔE_{00}	Media \pm DS	0.60 \pm 0.66	1.4 \pm 0.97	1.33 \pm 0.72

Tabla 3. Comparación de los parámetros del color para cada uno de los ambientes, ΔL (luminosidad);

Δc (croma); Δh (tono); Δa (croma rojo-verde), Δb (croma amarillo-azúl); $E\Delta_{ab}$ (distancia euclídea,

fórmula CIELab); $E\Delta_{00}$ (distancia euclídea, fórmula CIEDE2000); * ($p < 0.05$).

CLINICAL SCIENCE

Factors involved in the spectrophotometric measurement of soft tissue: A clinical study of interrater and intrarater reliability



Leticia Sala, DDS,^a Ana Carrillo-de-Albornoz, DDS, PhD,^b Conchita Martín, DDS, PhD,^c and Antonio Bascones-Martínez, DDS, PhD, MSD^d

In addition to functional and health-related outcomes, the degree to which artificial restorations mimic the appearance of the nonrestored dentogingival complex has become a critical factor for clinical success in the esthetic zone.¹ Thus, patient satisfaction with treatment in the anterior sextant is now largely based on the esthetic outcome. These trends have stimulated increased research in objective esthetic parameters and self-reported outcomes.²

Soft tissues around teeth or dental implants significantly influence the definitive esthetic outcome, and color is one of the key parameters to be considered alongside dimensional and surface features.¹ Different methods based on visual index systems are available to evaluate soft tissue color.³⁻⁵ However, these depend on subjective evaluations that can be influenced by examiner-related factors and by differences in illuminant conditions, and calls have been made for a consensus on objective and well-defined parameters for the assessment of esthetic outcomes.⁶

ABSTRACT

Statement of problem. The reliability of spectrophotometric measurements of gingival color has not been tested.

Purpose. The purpose of this study was to evaluate the repeatability and reproducibility of gingival color measurements with a digital spectrophotometer. Measurement error was estimated by determining the interrater agreement and by repeating measurements in different illumination environments with and without contact of the device with the gingiva.

Material and methods. Two trained examiners measured the gingival shade around 30 central incisors with a spectrophotometer with and without external illumination and with and without contact of the device with the gingiva. Color data obtained (CIELab color coordinates; L*, c*, h*, a*, b*) were analyzed with the intraclass correlation coefficient (ICC) and the Student *t* test for paired samples.

Results. Mean L*, c*, a*, and b* values differed significantly between measurements made with and without contact of the device with the tissue, but no difference was found in h* values. An ICC of >0.9 was obtained for interrater and intrarater agreements in all cases. Shade measurements did not differ between the presence and absence of stable ambient light.

Conclusions. The repeatability and reproducibility of soft tissue shade measurements were almost perfect (ICC >0.9) under the examination conditions tested. The measurements were affected by pressure but not by ambient light. (J Prosthet Dent 2015;113:558-564)

Numerous tooth color-matching systems have been developed over the past 2 decades in an attempt to obtain more objective and accurate methods of shade selection in dentistry, chiefly through digital photography, colorimetry, and spectrophotometry.⁷⁻⁹ The Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) L*a*b* system considers 3 independent color coordinates that represent the lightness (L*=0 indicates black and L*=100

^aGraduate student, Department of Periodontology, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain.

^bProfessor, Department of Periodontology, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain.

^cAssociate Professor, Department of Orthodontics, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain.

^dChief Professor, Department of Periodontology, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain.

ARTÍCULO 2.

Sala L, Bascones-Martínez A, Carrillo de Albornoz A (2016). Impact of abutment material on periimplant soft tissue color. An in vitro study. Clinical Oral Investigations; Nov; Epub Ahead of print.

Impacto del material de los pilares protésicos en el color del tejido periimplantario. Estudio *in vitro*.

Objetivo: Determinar las diferencias en el color periimplantario según la utilización de pilares de distinto material: titanio, titanio dorado, zirconia blanca, zirconia coloreada y zirconia fluorescente y establecer la influencia del grosor del tejido en el resultado final.

Material y métodos:

Diseño del estudio

Se diseñó un estudio *in vitro* sobre mandíbulas de cerdo frescas, para analizar el efecto de 5 tipos de pilares macro-estructuralmente idénticos, pero con distinto tipo de coloración, sobre el resultado estético final tanto en altura desde el margen, como en función de la anchura del tejido.

Las mediciones del color se llevaron a cabo por un único examinador previamente calibrado, con un índice de coeficiente de correlación intraclase en de 0.94-0.99 en medidas repetidas (Sala 2015), traducándose este valor como “*fiabilidad casi perfecta*” según la escala de valores de Landis y Koch (Landis y Koch 1977).

Cálculo del tamaño muestral

Se calculó el tamaño muestral a partir del valor mínimo de percepción del color por el ojo humano. Basándonos en estudios previos que analizan las diferencias de color percibidas por el ojo humano, se decidió seleccionar la medida de $\Delta E=1$ como la variable principal del estudio. Se calculó a para un error del valor de $\alpha = 0.05$, una potencia estadística $(1-\beta)$ del 80%, y una desviación estándar de 0.52 (Sala y cols.2015). Se obtuvo una n de 6, procediéndose a aumentar hasta 19 para aumentar la robustez de los datos.

Animales de experimentación

Se incluyeron en el estudio 19 mandíbulas de credo frescas, con menos de 24 horas desde la muerte del animal, que debían cumplir los siguientes criterios de inclusión:

- Las mandíbulas debían presentar una zona edéntula con dientes naturales adyacentes con una anatomía gingival parecida a la de la zona edéntula.
- Zona edéntula suficientemente amplia como para colocar adecuadamente 2 implantes en cada hemimandíbula, obteniendo al final 4 implantes por cada mandíbula, adyacentes a dientes naturales sanos.
- Presencia de al menos 4mm de encía queratinizada en la zona a estudiar.
- Se descartaron aquellas mandíbulas que debido a la manipulación o al tiempo de espera, presentaran cambios de color o zonas amoratadas en la zona experimental.

Procedimiento experimental

Se procedió a colocar los implantes (Tapered Internal; Biohorizons, Birmingham, EEUU) mediante una cirugía sin colgajo, de forma que al final del procedimiento se obtuvieran 4 implantes y 4 dientes control por mandíbula. Con el objetivo de lograr diferentes grosores de la mucosa peri-implante(<1, 1-2, >2mm) , éstos se colocaron con diferentes angulaciones en el plano bucolingual.

Antes de introducir los implantes se comprobó la integridad de la cortical mediante una sonda periodontal para detectar posibles dehiscencias o fenestraciones de la zona, que pudieran alterar la medición del color.

Inmediatamente después de la inserción de los implantes se procedió a atornillar de manera consecutiva 5 tipos de pilares macroscópicamente idénticos, pero de diferente material:

1. Titanio (Ti-6Al-4V)
2. Titanio dorado
3. Zirconia blanca (Y-TZP, Lava zirconia, M ESPE, St.Paul, MN, USA)
4. Zirconia coloreada (zirconia coloreada A4 guía VITA)
5. Zirconia fluorescente (Zikonzahn, Tirol, Italia)

Medición de las variables

Los datos se recogieron desde el aspecto lingual de la mucosa y no desde el vestibular, ya que el tejido estaba mejor preservado.

1. Color

Se midió el color de la mucosa mediante espectrofotometría (Spectroshade, MHT, Niederhasli, Switzerland) obteniendo 24 fotografías por cada mandíbula. Se fueron colocando los distintos pilares en cada uno de los 4 implantes de forma secuenciada, midiéndose el color para cada uno de los pilares y sus dientes controles, simultáneamente.

Se registraron las coordenadas CIELAB (L^* , a^* , b^*) a 1, 2 y 3 mm desde el margen hacia la zona apical, en la zona axial y central del implante. Con los valores de las medias de L^* , a^* y b^* , se calcularon las diferencias de color mediante la fórmula de la distancia Euclídea: ΔE (Distancia Euclídea) = $((L^*1 - L^*2)^2 + (a^*1 - a^*2)^2 + (b^*1 - b^*2)^2) / 0,5$. Las imágenes se analizaron mediante el software del espectrofotómetro (versión 3.0, MHT).

2. Variables secundarias

Se midieron las siguientes variables (Tabla 4) en las zonas de estudio de cada implante:

- Grosor de la mucosa en la zona más coronal, previo a la ostectomía del implante, para asegurar la presencia de un grosor mínimo de 3mm.
- Previo a la inserción del implante y una vez realizada la ostectomía, se midieron las distancias desde el margen hasta la cresta ósea, en los aspectos mesial, central y distal del lecho, asegurando así que las mediciones a 1, 2 y 3mm desde el margen se realizaran en tejido blando y no en hueso.
- Encía queratinizada después de la ostectomía.
- Grosor de la mucosa periimplantaria a 1, 2 y 3mm mediante una incisión vertical a lo largo del eje axial del pilar.

Análisis estadístico de los datos

Se confirmó la distribución normal de las variables cuantitativas mediante el test de Kolmogorov-Smirnov. Las diferencias entre los distintos pilares se determinaron mediante el Análisis de la Varianza para muestras repetidas, aplicando el test de corrección de Duncan para los factores intragrupos.

La relación de interacción entre el color resultante y el grosor del tejido se determinó mediante un Análisis de la Varianza para muestras independientes, aplicando el test post hoc de Bonferroni.

La interrelación entre el grosor del tejido blando y las variables L^* , a^* , b^* y ΔE se calculó mediante el Coeficiente de Correlación de Spearman. El programa de Windows SPSS se utilizó para el análisis de los datos.

	Implante	Control
Queratinizada mucosa/encia	4.6+0.36	4.5+0.55
Grosor (media ± DS)		
1 mm height	0.9+0.21	0.9+0.20
2 mm height	1.2+0.35	1.2+0.30
3 mm height	1.4+0.32	1.5+0.31
Frecuencia de distribución		
1 mm altura (n)	76	76
< 1 mm	16 (22%)	30 (40%)
1-2 mm	44 (57%)	26 (34%)
> 2 mm	16 (21%)	20 (26%)
2 mm altura	76	76
< 1 mm	12 (15%)	18 (23%)
1-2 mm	36 (47%)	36 (47%)
> 2 mm	28 (38%)	22 (30%)
3 mm altura	76	76
< 1 mm	9 (11%)	7 (9%)
1-2 mm	38 (50%)	37 (49%)
> 2 mm	29 (38%)	32 (42%)

Tabla 4. Variables secundarias. Media ± Desviación estándar

Resultados.

Después de aplicar los criterios de inclusión se seleccionaron 19 de las 31 mandíbulas de cerdo, con un total de 76 implantes colocados (4 por mandíbula).

Se obtuvieron un total de 75 mediciones por cerdo (5 pilares a 1, 2 y 3mm en cada lecho) , en donde la media del grosor a esas alturas fue de 0.89 ± 0.21 , 1.25 ± 0.35 , y 1.44 ± 0.32 respectivamente. Se estratificaron los grosores obtenidos en <1, 1-2 y >2mm, obteniéndose 37 mediciones < de 1mm, 118 entre 1- 2mm, y 73 mediciones de > 2mm.

Variable principal*Comparaciones con grupo control*

Al comparar los resultados con el diente control, se observó que los 5 pilares testados difirieron en los parámetros a^* y b^* para las alturas de 1, 2 y 3 mm desde el margen.

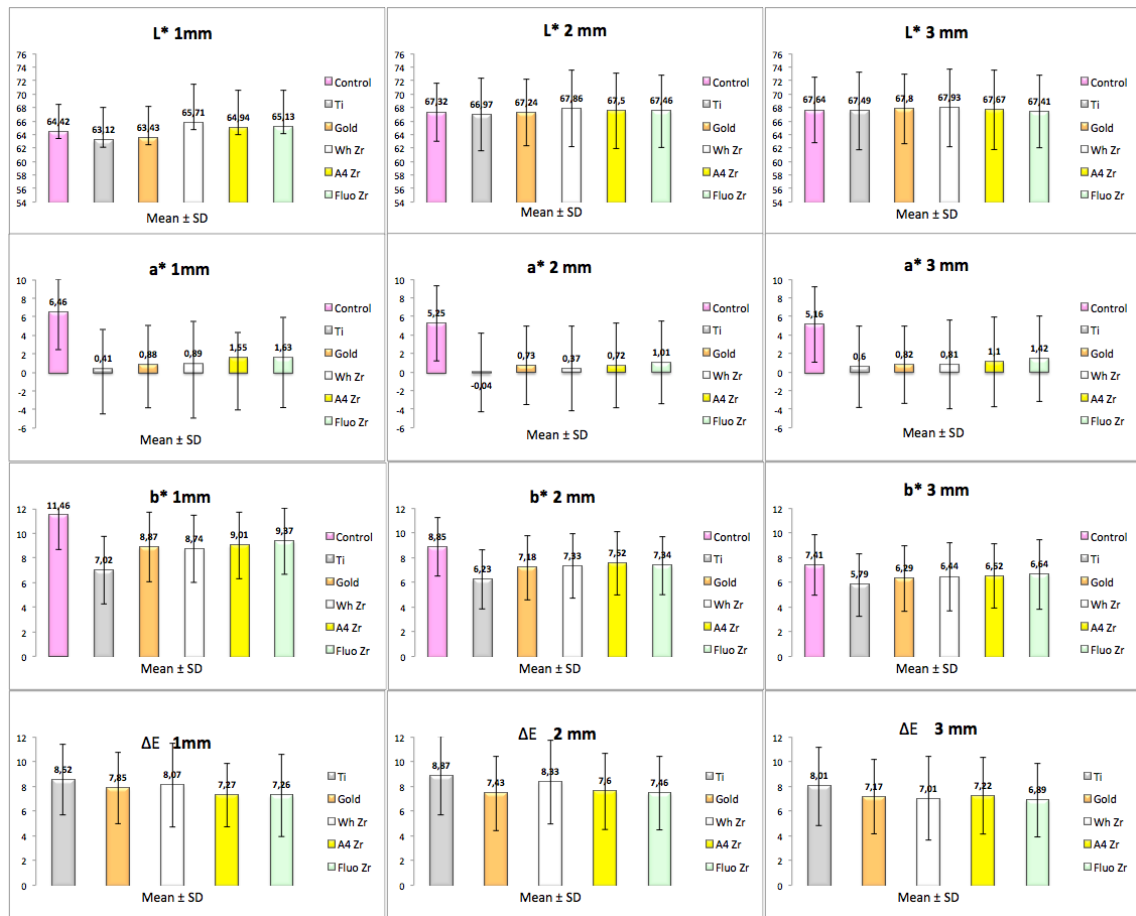
Comparaciones inter-pilares

En las comparaciones entre los pilares se observaron diferencias en el parámetro L^* a 1 mm de altura entre todos los pilares de zirconia y los pilares de titanio, tanto el normal como el dorado, que presentaron una luminosidad reducida; estas diferencias no se observaron sin embargo a 2 y 3 mm en altura desde el margen.

El parámetro a^* presentó diferencias a 1mm entre el titanio y el resto de los pilares, y entre el titanio dorado y el zirconia fluorescente. A 2mm de altura se observaron diferencias sólo entre el titanio y zirconia fluorescente, sin embargo estas diferencias desaparecían a los 3mm.

El parámetro b^* presentó diferencias entre el titanio y todos los demás pilares a 1 y 2mm, sin embargo, a 3 mm sólo hubo diferencias entre el titanio y los pilares de zirconia coloreada y fluorescente.

Para la ΔE se obtuvo un rango de 7.4 – 8.6. La mayor similitud con el grupo control se observó con el zirconia fluorescente (7.4 ± 3.3), seguida del zirconia coloreado (7.5 ± 3.1), titanio dorado (7.6 ± 3.0), zirconia blanca (8.1 ± 3.4), y titanio (8.7 ± 3.4) (Histograma 1).



Histograma 1. Análisis comparativo de los pilares a diferentes alturas.

Media±Desviación estándar.

Influencia del grosor del tejido blando

Comparaciones con el grupo control

Se observaron diferencias en los parámetros a^* , b^* , y ΔE pero no en L^* .

Para el parámetro a^* se encontraron diferencias con todos los pilares salvo con el pilar de zirconio fluorescente a $>$ de 2mm.

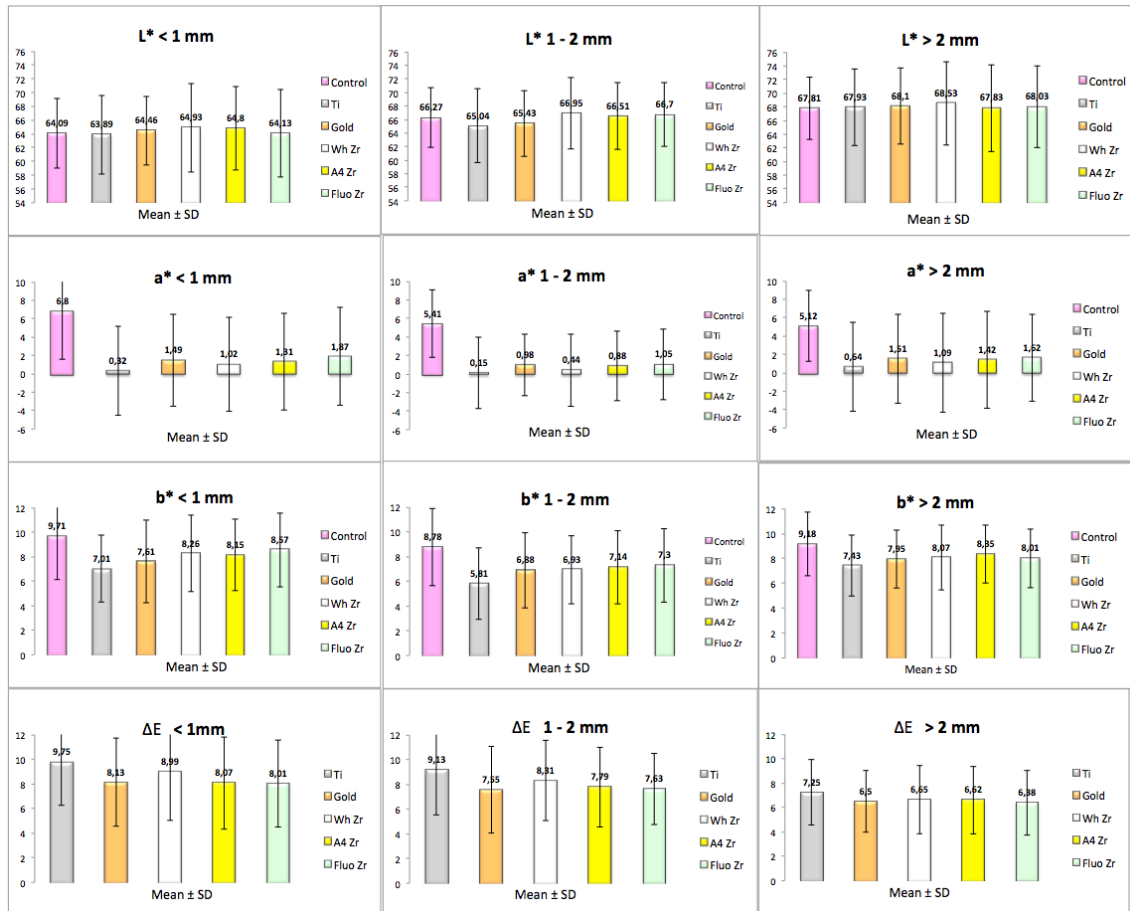
En el parámetro b^* se encontraron diferencias entre los grupos controles y el titanio, titanio dorado y zirconio blanco para todos los grosores. Las diferencias entre el zirconio coloreado A4 y el grupo control se obtuvieron solo en los grosores <1 mm. No hubo diferencias entre el zirconio fluorescente con el control a ningún grosor.

A grosores < 1 mm y entre 1-2 los valores de ΔE fueron significativamente más altos con titanio (9.7 ± 3.5 y 9.1 ± 3.7 respectivamente) que con titanio dorado (8.1 ± 3.6 y 7.5 ± 3.6), zirconia coloreada A4 (8.1 ± 3.7 y 7.8 ± 3.2), o zirconia fluorescente (8.0 ± 3.7 y 7.6 ± 3.1) en comparación con la encía del diente natural.

Comparaciones inter-pilares

En el parámetro a^* se observaron diferencias entre el titanio y el zirconio fluorescente a $<$ de 1mm, y entre 1- 2mm. En el parámetro b^* se encontraron diferencias entre el titanio y la zirconia fluorescente, y entre el titanio y la zirconia coloreada A4 en grosores de <1 mm y de entre 1 -2mm.

No se observaron diferencias entre pilares a grosores > 2 mm (7.2 ± 2.7 ; 6.5 ± 2.5 ; 6.6 ± 2.7 ; 6.7 ± 2.78 ; 6.4 ± 2.6 respectivamente) (Histograma 2).



Histograma 2. Análisis comparativo de los pilares a diferentes grosores.

Media±Desviación estándar.

Impact of abutment material on peri-implant soft tissue color. An in vitro study

Sala Leticia^{1,2} · Bascones-Martínez Antonio^{1,2} · Carrillo-de-Albornoz Ana^{1,2}

Received: 23 March 2016 / Accepted: 16 November 2016
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2016

Abstract

Objectives The objectives of the present study is to determine the differences in peri-implant soft tissue color with the utilization of titanium, titanium gold-plated, white zirconia, Vita Classical (VC) A4-shaded zirconia, and fluorescent white zirconia abutments and to establish the influence of gingival thickness on the resulting color.

Methods Four implants were contralaterally inserted in 19 fresh pig mandibles, and the color of the peri-implant mucosa with the different abutments was spectrophotometrically measured at 1-, 2-, and 3-mm height from the margin.

Results At 1-mm height, titanium significantly differed from all zirconia abutments in lightness (L^*), chroma along red axis (a^*), and chroma along yellow-blue axis (b^*) parameters. At 2 mm, all zirconia abutments differed from titanium in b^* but only fluorescent zirconia in a^* . At 3 mm, titanium differed from VC A4-shaded and fluorescent zirconia abutments in b^* . At soft tissue thicknesses <1 and 1–2 mm, titanium differed from fluorescent zirconia in a^* and b^* and from VC A4-shaded zirconia in b^* ; at thickness >2 mm, no differences were found among abutments. All abutments differed from natural teeth in a^* and b^* at all heights and thicknesses except for fluorescent zirconia at thickness >2 mm. The Euclidean distance (ΔE) differed between titanium abutments and gold,

VC A4, and fluorescent zirconia at <1- and 1–2-mm thicknesses.

Conclusion The natural gingival color was not reproduced with any abutment at gingival thicknesses <2 mm. The worst color match was with titanium abutments and the best with fluorescent zirconia, followed by VC A4-shaded zirconia. At gingival thicknesses >2 mm, no differences were detected among abutments.

Clinical relevance This study demonstrates that the type of abutment and the gingival thickness affect the resulting peri-implant gingival color.

Keywords Gingival color · Spectrophotometer · Abutment · Peri-implant · Soft tissue · Gingiva

Introduction

Harmony between implant-prosthetic components and the surrounding soft tissue is essential for achieving the demanding esthetic outcomes now required by patients and clinicians [1, 2]. The gingival architecture around implants has a major influence on the final esthetic result, and color is a key parameter to consider alongside dimensional and surface features [3–5].

After the placement of prosthetic components, the peri-implant soft tissue may not conceal the underlying abutment, often producing an undesirable shine-through effect that compromises the peri-implant mucosal shade [6]. It has been suggested that this problem can be addressed by using non-metal abutments in the esthetic zone [7, 8], and the utilization of materials other than titanium has been recommended to prevent visibility of the gray metal framework through the mucosa [9–14]. Lesser color differences have been reported with gold hue or zirconia abutments [15]. Zirconia has been used to obtain a better matching with the color and surface of the

✉ Sala Leticia
letisala@hotmail.com

¹ Department of Periodontology, School of Dentistry, Complutense University of Madrid, Madrid, Spain

² Departamento de Estomatología III, Facultad de Odontología, Universidad Complutense de Madrid, Plaza Ramón y Cajal S/N, 28040 Madrid, Spain

DISCUSIÓN

VII. DISCUSIÓN

El objetivo principal de este trabajo fue evaluar los cambios que se producen en el color de la mucosa periimplantaria según el tipo de pilar protésico utilizado, y analizar si esos cambios de color son dependientes del grosor del tejido, y del color del material. Los resultados de este estudio (Sala et. al 2016) aceptan la hipótesis de que el color de la mucosa periimplantaria es dependiente del tipo de pilar subyacente, así como del grosor de la mucosa periimplante. El color de la encía del diente natural (grupo control) se aproximó más al color de la zona de estudio, cuando se emplearon los pilares de óxido de zirconio color modificados (zirconia coloreada y zirconia fluorescente), seguidos de los pilares de oro, zirconia blanca y por último titanio convencional. Los cambios de color producidos por los diferentes materiales, parecen estar influenciados tanto por el grosor del tejido, como por la altura desde el margen periimplante, disminuyendo las diferencias de color a medida que se alejan del margen las mediciones. A pesar de que ningún pilar, bajo ninguna circunstancia consiguió imitar al grupo control, el pilar de zirconia tratado mediante fluorescencia, en grosores $> 2\text{mm}$ fue el único que no presentó diferencias con respecto al mismo.

Para validar el método de elección en la medición del color, dos examinadores registraron el color gingival en pacientes, mediante el uso de un espectrofotómetro, testando así la reproducibilidad y repetibilidad del mismo, en la toma del color del tejido blando. En cuanto a la repetibilidad del espectrofotómetro, se obtuvo un coeficiente de correlación intra-clase > 0.9 en todos los casos, confirmando así la hipótesis nula de que los resultados obtenidos mediante espectrofotometría no se modifican según la influencia del operador. En cuanto a la reproducibilidad, se rechazó la hipótesis nula de que el método de inspección utilizado, no afectó a la variable del color, viéndose éste influenciado por la presión ejercida durante la toma del color, pero no por la presencia o ausencia de iluminación (Sala et. al 2015).

Fiabilidad de los espectrofotómetros

Los métodos de reproducción del color han sufrido un gran avance en los últimos años, en un esfuerzo por objetivar la comunicación, reproducción y verificación clínica del color dentario. El objetivo final de este tipo de dispositivos, es su aplicación clínica, para en última instancia mejorar la eficiencia estética de los tratamientos restauradores.

Los espectrofotómetros para uso odontológico en el mercado son varios: Spectraflash 600 PLUS (Datacolor, Suzhou, China), Spectra Scan PR-704 (Chatsworth CA, USA), Easyshade Dental Color Analyzer (Vita Zahnfabrik, Bad Säckingen, Germany), Identacolor II (Identa, Cuxhaven, Germany) , Handy-MSD (Olympus, Tokyo, Japan), Spectroshade MHT (Optic Research, Niederhasli, Switzerland)(Figura 6), CrystalEye (Olympus, Tokio, Japón).

Como se ha mencionado anteriormente, existen numerosos sistemas, que tratan de objetivar las mediciones del color en Odontología (espectrofotómetros, colorímetros, dispositivos de medición digital o una mezcla de todos ellos). Si bien los colorímetros son aparatos más sencillos de utilizar y más económicos, los filtros de fotodiodo que utilizan suelen sufrir un desgaste rápido, pudiendo verse afectados por el metamerismo. Los espectrofotómetros tienen una vida media más larga y no están sujetos al metamerismo (Paravina et. al 2004). Los estudios que han comparado dispositivos entre sí parecen llegar a la misma conclusión.

Kim Pusateri et. al, comparan entre sí, la fiabilidad de distintos instrumentos de uso odontológico para la determinación del color (Kim Pusateri et. al 2009):

- Cámara digital con colorímetro: ShadeVision (X-Rite America, Inc, Grand Rapids, Mich), ShadeScan (Cynovad, Montreal, Canada)

- Espectrofotómetro: Vita EasyShade (Vident, Brea, Calif), Spectroshade (MHT Optic Research AG, Niederhasli, Switzerland).

En cuanto a su precisión, no encuentran diferencias, salvo entre el ShadeVision y el ShadeScan y sin embargo, sí parecen existir diferencias entre dispositivos en cuanto a su exactitud, donde se refieren diferencias entre todos ellos excepto entre Spectroshade y ShadeVision.

	ShadeVision	ShadeScan	Spectroshade	Vita EasyShade
Precisión	99%	87,4%	96,9%	96,4%
Exactitud	84,8%	66,8%	80,2%	92,6%

Estudios recientes, recomiendan el uso de espectroradiómetros en lugar de espectrofotómetros para la determinación del color dentario (Kim et. al 2008, Pecho et. al 2016). Basan sus afirmaciones en el fenómeno de “edge loss”, que ocurre durante la toma del color dentario mediante el espectrofotómetro. Este fenómeno, que consiste en la pérdida de una parte de la información del color, cuando la luz externa incide en superficies translúcidas, se produce en aquellos espectrofotómetros que tienen una ventana pequeña para la iluminación/medición del color. El espectrofotómetro utilizado en este estudio (Spectroshade) presenta una amplia ventana que engloba la totalidad del objeto a medir, y tal y como se ha demostrado (Sala et. al 2015), no está influenciado por la iluminación externa, por lo que en principio podríamos decir que no está sujeto al fenómeno de “edge loss” como lo podrían estar otros espectrofotómetros, de ventana pequeña, como por ej. el Vita EasyShade.

Actualmente, los espectrofotómetros se consideran los instrumentos más precisos, útiles y flexibles para la determinación del color en Odontología (Paul et. al 2004, Chu et. al 2010, Chen et. al 2012). Los

estudios *in vivo* que han comparado estos dispositivos con las técnicas visuales convencionales concluyen que el uso de espectrofotómetros aumenta la exactitud (Paul et. al 2002, Choi et. al 2010, Browning et. al 2009, Derdilopoulos et. al 2007, Horn et. al 1998, Julen & Al-Huajandi 2009, Fani et. al 2007) y la precisión en mediciones repetidas (Karamouzous et. al 2007, Chu et. al 2010, Ishikawa-Nagai et. al 2005). La fiabilidad de estos dispositivos en la medición del color dentario, por lo tanto, parece contrastada. No ocurre lo mismo, en la medición del color de los tejidos blandos, ya que prácticamente no han sido estudiados con ese objetivo.

Los resultados de nuestro estudio avalan la precisión de este tipo de dispositivos en el tejido blando (Sala et. al 2015), coincidiendo con los estudios de calibración para aplicación dentaria (Witkowski et. al 2012, Khurana et. al 2007, Karamouzous et. al 2007, Sarafianou et. al 2012, Du et. al 2012), pudiendo considerarse, (en base a nuestro estudio) un método preciso en la determinación del color. Sin embargo, debido a la falta de estudios de esta naturaleza, no podemos validar de forma externa este estudio y serían recomendables más estudios controlados, para poder corroborar nuestra hipótesis.

Factores que afectan a la medición espectrofotométrica del tejido blando

Luz ambiental

Diferentes autores han afirmado que, a diferencia de los espectrorradiómetros, los espectrofotómetros podrían verse afectados por las condiciones ambientales. Tal y como se ha explicado anteriormente, este fenómeno de pérdida de reflectancia, se produce cuando el rayo de luz incide en estructuras traslúcidas (como pueden ser el diente o la piel) (Gonzalo Días et. al 2007, Bayindir et. al 2009, Le et. al 2010, Hu et. al 2010). Acorde a los resultados del presente estudio espectrofotométrico, la iluminación ambiental no se debe considerar un factor modificador del color con este tipo de aparatos, ya que no se observaron diferencias entre los cambios de color para ningún parámetro analizado (ΔL , Δc , Δh , Δa , Δb). A pesar de que varios autores han sugerido una potencial interrelación entre la iluminación presente y el color obtenido (Park et. al 2006, Lee et. al 2002), nuestros resultados coinciden

con otros autores que no han encontrado dicha relación (Witkowski et. al 2012). Por otro lado, cabe destacar, que hay que diferenciar entre la influencia de la iluminación en la determinación del color mediante métodos de inspección visual en los que sí parece lógico que tenga influencia, tal y como demuestran algunos autores (Dagg et. al 2004), y los métodos digitales como el estudiado, en los que el dispositivo emite una luz intrínseca al aparato.

La presión

Los resultados obtenidos en este estudio, confirman que la medición del color en el tejido blando es muy sensible a al contacto ejercido por el dispositivo sobre la zona a estudiar. Tal y como ya insinuaban estudios previos en los que advertían que podía existir una variabilidad, (Park et. al 2007, Gonzalo Díaz et. al 2007) dependiendo de la presión ejercida. En el presente estudio se obtuvieron valores estadísticamente diferentes cuando se produjo un contacto del dispositivo con la zona a estudiar, siendo los parámetros más afectados por la presión ejercida (muy ligera) ΔL , Δc , Δa , y Δb . Esto parece lógico, al producirse una variación en el aporte sanguíneo de los vasos superficiales. Se deduce, por lo tanto, que se debiera evitar el contacto con el tejido en las mediciones espectrofotométricas del color gingival, y que debido a estas discrepancias no se podrían comparar entre sí, las mediciones en la que sí se produce contacto con el tejido, con las que no hay relación directa.

Límites de aceptación y de percepción de las diferencias de color

La fórmula utilizada para el cálculo de las diferencias de color (ΔE) anteriormente descrita nos permite definir la magnitud de la diferencia de color entre dos objetos.

La correlación entre la diferencia de color (ΔE) y la percepción clínica de la misma se ha estudiado en varias ocasiones con el objetivo de determinar el número mínimo a partir del cual, las diferencias del color son percibidas por el ojo humano. El mero hecho de detectar una diferencia de color entre dos objetos puede ser irrelevante clínicamente sino se entiende la magnitud de esa diferencia, que puede ser detectable (límite de percepción) o inaceptable (límite de aceptación). La mayor parte de los estudios

que describen estos límites no hacen esta diferenciación, debido a lo cual existe una falta de consenso y unanimidad de criterios.

Clásicamente se han propuesto varios límites de aceptación clínica: $\Delta E=3.7$ (Jonhson&Kao 1989), $\Delta E=2$ (Seghi et. al 1989), $\Delta E=3.3$ (Ruyter et. al 1987), $\Delta E=1$ (Kuehni et. al 1979). En una revisión reciente (Khashayar et. al 2014) observaron que el 54% de la literatura se basa en estos artículos para determinar el límite de aceptabilidad. Determinan el límite de percepción en $\Delta E=1$, y el de aceptabilidad oscila entre 2 y 4. Un tercio de los estudios se basa en la medida descrita por Johnson y Kao de $\Delta E=3.7$. Hay que señalar que, en este estudio a pesar de ser de ámbito clínico, utilizan un instrumento de medición del color que no estaba validado para la toma de color intraoral, y no tienen en consideración fenómenos que conocemos hoy en día, como el efecto “edge loss” (anteriormente descrito), que pudieran explicar las grandes diferencias en las desviaciones estándar que describen. Cabe destacar que estos límites, ampliamente utilizados, fueron descritos en la época de los años 80, por lo que no disponían de los instrumentos para la detección del color de forma objetiva desarrollados en los últimos años, y donde la demanda estética pudiera no ser la misma que en la actualidad.

A pesar de que existen artículos recientes *in vivo* en los que han estudiado estos límites de aceptabilidad y de percepción, como el estudio de Douglas et. al 2007, en donde establece el límite de perceptibilidad en 2.6 y de aceptabilidad en 5.6, varios autores siguen utilizando los límites clásicos (Khashayar et. al 2014).

Son varios los autores que han evaluado cambios de color a nivel de los tejidos blandos (Ishikawa-Nagai et. al 2007, Bressan et. al 2011, Cosgarea et. al 2011, Park et. al 2007, Jung et. al 2008, Sailer et. al 2009b, Zembic et. al 2009) basándose en las medidas límite de aceptación dentaria. Sólo dos estudios (Sailer et. al 2014, Paniz et. al 2013) han propuesto límites de aceptación del color de los tejidos, considerándolos diferentes a los descritos para los tejidos dentarios. Estos estudios proponen valores que oscilan desde 3.1 (Sailer et. al 2014) hasta 8.74 (Paniz et. al 2013). Parece, por lo tanto, existir

controversia acerca de los límites, surgiendo la necesidad de estandarizar los límites de aceptabilidad y perceptibilidad tanto en tejidos duros como blandos.

Influencia del tipo de pilar en el resultado estético

La dificultad para imitar la encía natural, en restauraciones mediante implantes dentales, ha sido ampliamente descrita por varios autores. Los resultados de nuestro estudio confirman esta dificultad, o casi imposibilidad (al menos de momento) de imitar de una forma exacta la encía del diente natural, ya que ninguno de los pilares utilizados en el presente estudio logró conseguir el mismo color de la encía del diente natural adyacente. No obstante, las diferencias de color entre la encía del diente natural, (control) y la mucosa periimplantaria, fueron diferentes en función de: (i) la distancia existente a partir del margen peri-implantario, (ii) según el grosor del tejido peri-implante, siendo más parecidas cuanto más alejadas del margen peri-implantario y cuanto mayor grosor presentaba el tejido.

Las medias de las diferencias de color obtenidas en este estudio *in vitro* se encuentran dentro del rango de las medias descritas por otros estudios clínicos que analizan espectrofotométricamente estas diferencias. Estos estudios presentan un rango ΔE desde 6 hasta 11, obteniendo en general menores valores para a^* y b^* en las zonas de estudio que en los grupos control (Ishikawa Nagai et. al 2007, Bressan et. al 2011, Park et. al 2007, Cosgarea et. al 2015, Kim et. al 2015, Ioannidis et. al 2016).

Al analizar las medias (suma de mediciones a 1, 2 y 3mm desde el margen de la mucosa periimplantaria) del color obtenido por los pilares estudiados, el titanio es el que presentó mayores diferencias con el grupo control ($\Delta E_{\text{Media Titanio}} = 8.74$). Coincidiendo con estudios previos, que ya informaban de ésta marcada diferencia (Park et. al 2007, Sailer et. al 2009, Zembic et. al 2009), y confirmando por lo tanto la dificultad de conseguir una estética adecuada mediante pilares de titanio (Jung et. al 2007). A pesar de que los pilares de zirconia se introdujeron en el mercado para solventar estas deficiencias estéticas del titanio, son varios los autores, que coinciden en afirmar que la zirconia no es un buen material desde un punto de vista de coloración de los tejidos blandos, ya que es incapaz

de imitar el color de la encía natural (Ishikawa Nagai et. al 2007, Bressan et. al 2011, Cosgarea et. al 2015). Nuestros resultados coinciden con estos estudios, ya que la zirconia blanca fue el material que presentó mayores diferencias con el grupo control después del titanio ($\Delta E_{\text{Media Titanio}} = 8.7$), siendo la media de la diferencia de $\Delta E_{\text{Media Zirconia}} = 8.1$. No obstante, los resultados obtenidos con la zirconia son, en cualquier caso, mejores que los obtenidos con el titanio, lo que coincide con múltiples estudios que han comparado los dos tipos de materiales (Hoseini et. al 2011, Cosgarea et. al 2015, Bressan et. al 2011, Carrillo de Albornoz et. al 2014) incluyendo los resultados de un reciente meta análisis (Linkevicius et. al 2015).

Se ha propuesto la utilización de pilares con diferente coloración, tanto de titanio (Bressan et. al 2011) como de zirconia modificados, (Benic et. al 2016, Ioannidis et. al 2016), con el objetivo de mejorar las propiedades ópticas de los anteriores. En el presente estudio *in vitro* los pilares de titanio dorado, zirconia coloreada, o zirconia tratada mediante fluorescencia se han comparado con los pilares estándar de titanio y zirconia, así como con el diente control. Los mejores resultados obtenidos, fueron con los pilares tratados mediante fluorescencia, seguidos de zirconia coloreada y titanio dorado, ($\Delta E_{\text{Media Oro}} = 7.65$; $\Delta E_{\text{Media A4Zr}} = 7.54$; $\Delta E_{\text{Media FluorescZr}} = 7.39$). Estos resultados coinciden con estudios previos, *in vivo* (Happe et. al 2011, Benic et. al 2016) e *in vitro*, (Ioannidis et. al 2016) que afirman obtener una luminosidad periimplantaria más natural, con la utilización de pilares de zirconia fluorescente que con pilares de zirconia blanca, zirconia rosa o zirconia traslúcida. Sólo hay un estudio que compara los pilares metálicos de titanio y titanio modificado entre sí (Ioannidis et. al 2016) observando resultados más prometedores con los pilares dorados de nitrato de titanio, que con los de titanio rosa o titanio clásico, coincidiendo así con nuestros resultados, en los que el titanio dorado obtiene mejores resultados que el titanio clásico e incluso que la zirconia blanca.

Influencia de la “altura” en el color periimplantario

Las diferencias de color entre los pilares y el grupo control fueron disminuyendo a medida que nos alejamos del margen peri-implantario, en consonancia con estudios previos que también describen este fenómeno (Park et. al 2007, Cosgarea et. al 2015, Jun et. al 2013).

Al comparar las diferencias entre pilares a 1 mm de distancia desde el margen peri-implante todos los pilares de zirconia (excepto el parámetro a^*) fueron significativamente diferentes al titanio. A 2 mm los pilares de zirconia fueron diferentes al titanio sólo en la coordenada de color b^* , mientras que la zirconia fluorescente difirió en la coordenada a^* , y a 3 mm sólo se observaron diferencias entre el titanio y las zirconias coloradas y fluorescentes en el parámetro b^* . Esto confirma que las diferencias entre pilares son mayores cuanto más cercanos al margen nos encontramos, siendo la coordenada de color b^* (eje de color amarillo- azul) del titanio la más difícil de camuflar. Estos hallazgos coinciden con la conclusión de un reciente estudio in vivo en el que afirman que la descoloración de la mucosa se detecta en función de este parámetro del eje amarillo-azul del color.

Hay que tener en cuenta que los datos obtenidos en este estudio, con respecto a la altura desde el margen periimplantario, no serían extrapolables, si no existiera al menos una anchura biológica de más de 3mm.

Influencia del grosor de los tejidos blandos en el color periimplantario

El grosor de la mucosa peri-implante se ha descrito como un factor clave para camuflar las posibles decoloraciones que pudieran provocar los materiales de restauración (Jung et. al 2007). Nuestro análisis del grosor de la mucosa confirma este efecto, sin embargo sólo se consiguieron enmascarar los pilares de zirconio fluorescente en grosores de más de 2mm, es decir cuando se utilizaron los pilares de zirconia fluorescente en grosores de más de 2mm no se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y la mucosa periimplantaria, para ninguna de las coordenadas del color (L^* , a^* , b^*), sin embargo las diferencias de color según la fórmula de la distancia Euclídea seguían siendo

elevadas ($\Delta E=6.38\pm 2.6$). Por lo tanto, estos resultados tendrían diferente relevancia clínica dependiendo del límite de percepción utilizado ($\Delta E= 3.1$ (Sailer et. al 2014); $\Delta E= 3.1$ (Paniz et. al 2013)). Esta variabilidad en los límites de percepción, hace necesarios más estudios clínicos controlados que nos orienten acerca de los límites de aceptabilidad y de perceptibilidad del color en los tejidos blandos.

Esta capacidad de la mucosa de enmascarar el color subyacente, ya había sido demostrada en algún estudio clínico (Van Brakel et. al 2011) que observaba que a partir de 2 mm de grosor desaparecían las diferencias de color entre los pilares de titanio y de zirconia.

En nuestro estudio experimental a grosores menores de 1mm y de entre 1- 2 mm se observaron diferencias estadísticamente significativas entre el grupo control y todos los pilares, desapareciendo estas diferencias a grosores de $>$ de 2mm con los pilares de zirconia coloreada A4 y zirconia fluorescente. Este hecho difiere ligeramente de lo que se observaba en el artículo clásico de Jung et. al (2007), en el que, utilizando el mismo modelo animal, establecían el límite de grosor en 3 mm, medida a partir de la cual no se observaban diferencias de color entre la zirconia y el titanio, aunque hay que tener en cuenta, que en este estudio utilizan la medida crítica de 3.7 descrita por Johnson y Kao para la determinación de las diferencias de color clínicamente aceptables (Johnson y Kao 1989). En cualquier caso, a pesar de que algunos estudios no parecen encontrar una relación de asociación entre el grosor del tejido y el enmascaramiento del color (Bressan et. al 2011, Kim et. al 2015) el presente estudio sí parece demostrar esa correlación, especialmente para el pilar de titanio y más concretamente de la coordenada b^* del color (eje azul-amarillo) que según autores, podría ser la más determinante en la detección de decoloraciones periimplantarias (Benic et. al 2016).

Los mejores resultados estéticos se obtuvieron al combinar el pilar de zirconia fluorescente y un grosor de mucosa de $>$ 2mm. Estos resultados coinciden con los resultados de un estudio clínico, en el que concluyen que, mediante el tratamiento del pilar con fluorescencia las estética resultante es más natural, y son capaces de imitar el color de la encía natural ($\Delta E < 3.7$) en 5 de los 12 pacientes estudiados.

Si tomamos como referencia los valores límite de detección del color en tejidos blando descritos por Sailer et. al ($\Delta E=3.1$) todos los resultados obtenidos en este estudio están muy por encima de ese valor, por lo que ninguno de los pilares estudiados cumpliría las características necesarias para imitar el color gingival. Si nos basamos en la medida descrita por Paniz et. al ($\Delta E=8.74$) todos los pilares estudiados serían capaces de imitar el color de la encía natural, salvo el pilar de titanio en aquellos grosores menores de 1mm ($\Delta E_{Ti<1mm}=9.75$).

Limitaciones del estudio

Dentro de las limitaciones propias de un estudio *in vitro*, hay que considerar que los resultados no son directamente comparables con los hallazgos en aquellos estudios que evalúan los cambios de color en la encía humana, sin embargo las características morfológicas y de permeabilidad del modelo animal utilizado, parecen ser parecidas a las del tejido humano (Lesch et. al 1989, Van Eyk et. al 2004), lo que añade validez a este modelo experimental.

Hay que considerar que las variaciones o modificaciones del color también pudieran haberse visto afectadas por otros factores como: la intensidad de la melanogénesis, el grado de queratinización, la vascularización, o el color de la raíz del diente control.

Otra de las limitaciones de este estudio, es que no se consideraron atributos del color como transparencia, translucidez, o fenómenos ópticos, debido a las carencias que presenta la fórmula utilizada. Sin embargo, se eligió esa fórmula ya que es hoy en día la más utilizada por los autores, lo que facilitó las comparaciones con los resultados obtenidos en otros estudios.

La fórmula utilizada CIELAB presenta limitaciones, ya que asume que el espacio de color es uniforme, y por otro lado, da la misma importancia a L^* , a^* y b^* . Estudios recientes (Perez et. al 2011, Lindsey et. al 2007). afirman que la aceptabilidad y perceptibilidad está ligada a la sensibilidad del ojo humano, que parece ser más sensible a unos parámetros que a otros. La fórmula de determinación del color

CIEDE2000 incorpora correcciones específicas (KL, KC, KH) que pudieran solventar este hecho, al poder otorgar mayor o menor importancia a unas coordenadas que a otras.

Líneas futuras de investigación

Debido a la falta de consenso en la literatura existente, serían necesarios estudios adicionales del color en los tejidos blandos, para establecer los límites de aceptación y de percepción tanto con la fórmula CIELAB como CIEDE2000.

Parece existir unanimidad acerca de la superioridad del óxido de zirconio frente al titanio, en cuanto a la eficacia en la estética de los tejidos blandos se refiere. No obstante, sería interesante disponer de ensayos clínicos controlados que comparasen la eficacia estética de pilares de zirconia color modificados entre sí. Actualmente ningún estudio clínico ha sido capaz de imitar mediante coronas implantoportadas, la encía del diente natural.

CONCLUSIONES

VIII.CONCLUSIONES

- La repetibilidad y la reproducibilidad del aparato de medición testado para la toma del color gingival fue “casi perfecto” (>0.9) bajo todas las condiciones ambientales de estudio. Las mediciones del color parecen verse afectadas en aquellos casos en los que el dispositivo contacta con la encía, y no parecen verse afectadas por las condiciones de luz ambiental.
- El color de la mucosa periimplantaria difiere con respecto al de la encía del diente natural, independientemente del tipo de pilar utilizado.
- El pilar de titanio es el menos capaz de imitar el color de la encía natural, y el de zirconia fluorescente es el que mejores resultados obtiene.
- No se observan diferencias entre los distintos tipos de pilares cuando el grosor de la mucosa es $>$ de 2mm.
- Los pilares de zirconia coloreada y zirconia fluorescencia pudieran ser de elección en aquellos casos de alta demanda estética que presentan un biotipo fino.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

IX.REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. Andersson B, Taylor A, Lang BR, Scheller H, Scharer P, Sorensen JA & Tarnow D (2001) Alumina ceramic implant abutments used for single tooth replacement: a prospective 1 to 3 year multicenter study. *The Int J Prosthodont* 14: 432-438.
2. Andersson B, Odman P, Lindvall AM, Branemark PI (1998) Five year prospective study of prosthodontic and surgical single tooth implant treatment in general practices and at a specialist clinic. *The Int J Prosthodont* 11(4): 351-5.
3. Armitage GC. Development of a classification system for periodontal diseases and conditions. *Northwest Dent* 2000; 79:31-5.
4. Baldisarra P, Llukacej A, Ciocca L, Valandro FL, Scotti R (2010) Translucency of zirconia copings made with different CAD/CAM systems. *J Prosthet Dent* 104 (1): 6-12.
5. Barriviera M, Duarte WR, Januario AL, Bezerra AC (2009) A new method to assess and measure palatal masticatory mucosa by cone beam computerized tomography. *J CLin Periodontol* 36 (7): 564-8.
6. Bayindir F, Bayindir Y, Gonzalo-Díaz D, Wee A. Coverage error of gingival shade guide systems in measuring color of attached anterior gingiva. *J Prosthet Dent* 2009; 101:46-53.
7. Belser UC, Grüter L, Vailati F, Bornstein MC, Weber HP, Buser D. Outcome evaluation of early placed maxillary anterior single-tooth implants using objective esthetic criteria: a cross-sectional, retrospective study in 45 patients with a 2- to 4-year follow-up using pink and white esthetic scores. *J Periodontol* 2009; 80:140-51.
8. Benic G, Wolleb K, Sancho-Puchades M, Hämmerle CHF. Systematic review of parameters and methods for the professional assessment of aesthetics in dental implant research. *J Clin Periodontol* 2012; 39:160-92.

9. Bentley C, Leonard RH, Nelson CF, Bentley SA (1999) Quantitation of vital bleaching by computer analysis of photographic images. *J Am Dent Assoc* 130 (6): 809-16.
10. Bersgröm J (1992) Vascular reaction in plaque induced gingivitis: a quantitative approach. *J Periodontol* 27(6): 604-8.
11. Blatz MB, Bergler M, Holst S, Block MS (2009) Zirconia abutments for single tooth implants, rationale and clinical guidelines. *J Maxillofac Oral Surg* 2009; 67: 74-81.
12. Bressan E, Paniz G, Lops D, Corazza B, Favero G. Influence of abutment material on the gingival color of implant-supported all-ceramic restorations: a prospective multicenter study. *Clin Oral Implants Res* 2011; 22:631-7.
13. Bolt RA, Bosch JJ, Coops JC. Influence of window size in small window
 - a. color measurement, particularly of teeth. *Phys Med Biol* 1994; 39:1133-1142.
14. Bridgeman B. Psychology and neuroscience: mind and brain. *Science* 1987 Jan 16;235(4786):373-4
15. Browning WD, Chan DC, Blalock JS, Brackett, M.G (2009) A Comparison of Human Raters and an Intra-oral Spectrophotometer. *Oper Dent* 34: 337-343. doi: 10.2341/08-106
16. Buser D, Halbritter S, Hart C, Bornstein MM, Grütter L, Chappuis V, Belser UC (2009) Early implant placement with simultaneous guided bone regeneration following single-tooth extraction in the esthetic zone: 12 month results of a prospective study with 20 consecutive patients. *J Periodontol* 80 (1): 152-62.
17. Buser D, Wittneben J, Bornstein MM, Grütter L, Chappuis V, Belser UC (2011) Stability of contour augmentation and esthetic outcomes of implant supported single crowns in the esthetic zone: 3 year results of a prospective study with early implant placement postextraction. *J Periodontol* 82(3): 342-9.
18. Cal E, Güneri P, Kose T (2006) Comparison of digital and spectrophotometric measurements of color shade guides. *J Oral Rehabil* 33(3): 221-8.

19. Canullo L (2007) Clinical outcome study of customized zirconia abutments for single implant restorations. *Int J Prosthodont* 20: 489-493.
20. Carrillo de Albornoz A, Vignoletti F, Ferrantino L, Cárdenas E, De Sanctis M, Sanz M (2014) A randomised trial on the aesthetic outcome of implant supported restorations with zirconia or titanium abutments. *J Clin Periodontol* 41: 1161-9.
21. Chen H, Huang J, Dong X, Quian J, Qu X, LuE (2012) A systematic review of visual and instrumental measurements for tooth shade matching. *Quintessence* 8:649-659.
22. Claffey N, Shanley D (1986) Relationship of gingival thickness and bleeding of probing attachment in shallow sites following nonsurgical periodontal therapy. *J Clin Periodontol* 13(7):654-7.
23. Commission Internationale d'Eclairage (CIE) (2004) . Colorimetry. CIE Pub No.
24. 15.2. 3rd ed. Vienna, Austria: Central Bureau of the CIE.
25. Cohen, J. (2004). Color properties and color ascriptions: A relationalist manifesto. *The Philosophical Review*, 113(4), 451–506.
26. Chang M, Odman PA, Wennström JL, Andersson B (1999) Esthetic outcome of implant-supported single-tooth replacements assessed by the patient and by prosthodontists. *Int J Prosthodont* 12: 335-341.
27. Chu SJ (2010) Fundamentals of color. Ed. Quintessence.
28. Chu SJ, Trushkowsky RD, Paravina RD (2010) Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent* 38:2-16.
29. Cosgarea R, Gasparik C, Dudea D, Culic B, Dannewitz B, Sculean A (2015) Peri-implant soft tissue colour around titanium and zirconia abutments: a prospective randomized controlled clinical study. *Clin Oral Impl Res* 26: 537-44.

30. Cosyn J, Raes M, Packet M, Cleymaet R, De Bruyn H (2013) Disparity in embrasure fill and papilla height between tooth and implant borne fixed restorations in the anterior maxilla: a cross sectional study. *J Clin Periodontol* 62 (1): 256-70.
31. Dagg H, O'Connell L, Claffey D, Byrne C, Gorman C (2004) The influence of some different factors on the accuracy of shade selection. *J Oral Rehabil* 31:900-4.
32. De Rouck T, Eghbali R, Collys K, De Bruyn H, Cosyn J (2007) The gingival biotype revisited: transparency of the periodontal probe through the gingival margin as a method to discriminate thin from thick gingiva. *J Clin Periodontol* 36 (5): 528-33.
33. Denissen H, Kuijkens A, Dozic A (2007) A photographic method to measure the colour characteristics of healthy gingiva. *J Dent Hyg* 5:22-26.
34. Dierens M, De Bruecker E, Vanderweghe S, Kisch J, De Bruyn H, Cosyn J (2013) Alterations in soft tissue levels and aesthetics over a 16-22 year period following single implant treatment in periodontally-healthy patients: a retrospective case series. *J Clin Periodontol* 40: 311-8.
35. Douglas R, Steinhauer J, Wee G (2007) Intraoral determination of the tolerance of dentists for perceptibility and acceptability of shade mismatch. *J Prosthet Dent* 97:200-8.
36. Dozic A, Voit N, Zwartser R, Khashayar G, Aartman I. Color coverage of a newly developed system for color determination and reproduction in dentistry. *J Dent* 2010; 38:50-6.
37. Dueled E, Gotfredsen K, Damsgaard MT, Hede B (2009) Professional and patient-based evaluation of oral rehabilitation in patients with tooth agenesis. *Clin Oral Impl Res* 20:729-736.
38. Dummet CO, Sakumura JS, Barens G (1980) The relationship of facial skin complexion to oral mucosa pigmentation and tooth color. *J Prosthet Dent* 43(\$): 392-6.
39. Dvorak G, Arnhart C, Schön P, Heuberger S, Watzek G, Gahleitner A (2012) The "puffed cheek method" to evaluate mucosal thickness: case series. *Clin Oral Implants Res* 24 (7): 719-24.
40. Evans CD, Chen ST (2008) Esthetic outcomes of immediate implant placements. *Clin Oral Implants Res* 19 (1): 73-80.

41. Fairchild MD. Color appearance models and complex visual stimuli (2010) *J Dent* 38:25-33.
42. Furhauser R, Florescu D, Benesch T, Haas R, Mailath G, Watzek G (2015) Evaluation of soft tissue around single-tooth implant crowns: the pink esthetic score. *Clin Oral Implants Res* 16: 639-44.
43. Gallouci GO, Grütter L, Chuang SK, Belser UC (2011) Dimensional changes of peri-implant soft tissue over 2 years with single-implant crowns in the anterior maxilla. *J Clin Periodontol* 38: 293-299.
44. Gamborena I, Blatz M (2011) Fluorescence mimicking nature for ultimate esthetics in implant dentistry. *Quintessence*
45. Garber DA (1996) The esthetic dental implant: letting restoration be the guide *J Oral Implantol* 22: 45-50.
46. Gehrke P, Riekeberg U, Fackler O, Dhom G (2009) Reproducibility of the implant crown aesthetic index rating aesthetics of single-implant crowns and adjacent soft tissues with regard to observer dental specialization. *Clin Implant Dent and Relat Res* 11:201-13.
47. Gomez Polo C, Portillo M, Lorenzo MC, Vicente P, Galindo P, Martin Casado AM (2016) Comparison of two color difference formulas using the Bland-Altman approach based on natural tooth color space. *J Prosthet Dent* 115 (4) 482-488.
48. Gozalo-Diaz DJ, Lindsey D, Johnston W, Wee AG (2007) Measurement of color for craniofacial structures using a 45/0-degree optical configuration. *J Prosthet Dent* 97:45-53.
49. Guinea R, Pérez MM, Herrera LJ, Rivas MJ, Yebra A, Paravina RD (2010) Color difference thresholds in dental ceramics. *J Dent* 38: Suppl 2:57-64.
50. Guray Kaya (2013). Production and characterization of self-colored dental zirconia blocks. *Ceramics Int* 39: 511-517.
51. Happe A, Schulte-Mattler V, Naumann M, Fickl S, Naumann M, Zóller J, Rothamel D (2011) Spectrophotometric assessment of peri-implant mucosa after restoration with zirconia abutments

- veneered with fluorescent ceramic: a controlled, retrospective clinical study. Clin Oral Implants Res; 24:28-33.
52. Happe A, Shulte-Mattler V, Strassert C, Stimmelmayer M, Zöller J, Rothamel D (2013) In vitro color changes of soft tissues caused by dyed fluorescent zirconia and nondyed, nonfluorescent zirconia in thin mucosa. Int J Periodontics Restorative Dent 33:1-8.
53. Heydecke G, Kohal R, Gläser R (1999) Optimal esthetics in single-tooth replacement with the Re-Implant system: a case report. Int J Prosthodont 17 (3): 327-32.
54. Heydecke G, Schnitzer S, Türp JC (2005) The color of human gingiva and **mucosa**: visual measurement and description of distribution. Clin Oral Investig 9 (4): 257-65.
55. Hosseinni M, Gotfredsen K (2012) A feasible, aesthetic quality evaluation of implant-supported single crowns: an analysis of validity and reliability. Clin Oral Implants Res 23 (4): 453-8.
56. Hu X, Johnston WM, Seghi RR (2010) Measuring the color of maxillofacial prosthetic material. J Dent Res 89:1522-7.
57. Hyun HK, Kim S, Lee C, Shin TJ, Kim YJ (2016) Colorimetric distribution of human attached gingiva and alveolar mucosa. J Prosthet Dent 22 (Ahead of print).
58. Ishikawa-Nagai S, Da Silva JD, Weber HP, Park SE (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part II. Preferred implant neck color to improve soft tissue esthetics. Clin Oral Implants Res 18:575-80.
59. Ishikawa-Nagai S, Ishibashi K, Tsurura O, Weber HP (2005) Reproducibility of tooth color gradation using a computer color-matching technique applied to ceramic restorations. J Prosthet Dent 93:129-137.
60. Januario AL, Barriviera M, Duarte WR (2008) Soft tissue cone-beam computed tomography: a novel method for the measurement of gingival tissue and the dimensions of the dentogingival unit. J Esthet Restor Dent 20 (6): 366-73.

61. Jarad FD, Russell MD, Moss BW (2005) The use of digital imaging for colour matching and communication in restorative dentistry. *Br Dent J* 9 (1): 43-9.
62. Johnston WM, Kao E.C (1989) Assessment of appearance match by visual observation and clinical colorimetry. *J Den Res* 68:819-22.
63. Joiner A (2004) Tooth Color: A review of the literature. *J Dent* 32 :3-12.
64. Jones J, McFall WT Jr (1977) A photometric study of the color of health gingiva. *J Periodontol* 48(1): 21-6.
65. Jung RE, Sailer I, Hämmerle CHF, Attin T, Schmidlin P (2007) In vitro color changes of soft tissues caused by restorative materials. *Int J Periodontics Restorative Dent* 27: 250-257.
66. Jung RE, Sailer I, Hämmerle CHF (2008) The effect of all ceramic and porcelain fused to metal restorations on marginal peri-implant soft tissue color: a randomized controlled clinical trial. *Int J Periodontics Restorative Dent* 28: 356-365.
67. Jung RE, Zembic, A, Pjetursson BE, Zwahlen M, Thoma DS (2012) Systematic review of the survival rate and the incidence of biological, technical, and aesthetic complications of single crowns on implants reported in longitudinal studies with a mean follow-up of 5 years. *Clin Oral Implants Res* 23: 2-21.
68. Jun S, Ahn J, Chang B, Lee J, Ryu J, Kwon, J (2013) *In Vivo* measurements of human gingival translucency parameters. *Int J Periodontics Restorative Dent* 33: 427-343.
69. Juodzbaly G, Wang HL (2007) Esthetic index for anterior maxillary implant-supported restorations. *J Periodontol* 81 (1): 34-42.
70. Karamouzos A, Papadopoulos A, Kolokithas G, Athanasiou AE. Precision of in vivo spectrophotometric colour evaluation of natural teeth (2007) *J Oral Rehabil* 34:613-21.
71. Khashayar G, Bain PA, Salari S, Dozic A, Kleverlaan CJ, Feilzer AJ (2014) Perceptibility and acceptability thresholds for colour differences in dentistry. *J Dent* 42: 637-644.

72. Khurana R, Tredwin CJ, Weisbloom M, Moles DR (2007) A clinical evaluation of the individual repeatability of three commercially available colour measuring devices. *Bri Dent J* 203:675-80.
73. Kim A, Campbell SD, Viana MA, Knoernschild KL (2015) Abutment material on peri-implant soft tissue color and perceived esthetics. *J Prosthodont* 23: 1-7.
74. Kleinheinz, J., Büchter, A., Fillies, T., Joos, U (2005) Vascular basis of mucosa color. *Head Face Med* 24: 1-4.
75. Koshi T (1976) A study on the correlation between the Munsell values and histopathological findings in human gingiva. *Nihon Shishubyo Gakkai Kaishi* 18 (2): 179-88.
76. Kottner J, Audigé L, Broson S, Donner A, Gajewsky BJ, Hróbjartsson A, Roberts C, Shoukri M, Streiner DL (2011) Guidelines for Reporting Reliability and Agreement Studies (GRRAS) were proposed. *J Clin Epidemiol* 64:96-106.
77. Kourkouta S, Dedi KD, Paquette DW, Mol A (2009) Interproximal tissue dimensions in relation to adjacent implants in the anterior maxilla: clinical observations and patient aesthetic evaluation. *Clin Oral Impl Res* 20: 1375-85.
78. Kueni RG. Color tolerance data and the tentative CIE 1976 Lab formula (1976) *J Opt Soc Am* 66:490-500.
79. Lagouvardos PE1, Fougia AG, Diamantopoulou SA, Polyzois GL (2009) Repeatability and interdevice reliability of two portable color selection devices in matching and measuring tooth color. *J Prosthet Dent* 101 (1): 40-5.
80. Landis JR, Koch GG (1977) The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* 33: 159-74.
81. Lang NP, Zitzmann NU (2012) Clinical research in implant dentistry: evaluation of implant-supported restorations, aesthetic and patient-reported outcomes. *J Clin Periodontol* 2012;39: 133-8.

82. Lee, YK, Yoon TH, Lim BS, Kim CW, Powers JM (2002) Effects of colour measuring mode and light source on the colour of shade guides. *J Oral Rehabil* 29: 1099-107.
83. Lee YK, Yu B, Lim HN (2010) Lightness, chroma, and hue distributions of a shade guide as a measured by a spectroradiometer. *J Prosthet Dent* 104:173-81.
84. Lesch, CA, Squier CA, Cruchley A, Williams DM, Speight P (1989) The permeability of human oral mucosa and skin to water. *J Dent Res* 68: 1345-1349.
85. Lang PN, Lindhe J (2015) *Clinical Periodontology and Implant Dentistry*. Sixth Edition. Ed. Wiley Blackwel.
86. Linsdsey DT, Wee AG, Perceptibility and acceptability of CIELAB color differences in computer-simulated teeth (2007) *J Dent* 35:593-9.
87. Linkevicius T, Vaitelis T (2015) The effect of zirconia or titanium as abutment material on soft peri-implant tissues: a systematic review and meta-analysis. *Clin Oral Impl Res* 26: 139-147.
88. Luo MR, Cui G, Rigg B (2001) The development of CIE 2000 color-difference formula CIEDE2000. *Color Res App* 26: 340-350.
89. Magne P, Magne M, Belser U (1999) The esthetic width in fixed prosthodontics. *J Prosthodont* 8 (2): 106-118.
90. Meijer HJ, Stellingsma K, Meijndert L, Raghoobar G (2005) A new index for rating aesthetics of implant-supported single crowns and adjacent soft tissues—the Implant Crown Aesthetic Index. *Clin Oral Implants Res* 16:645-9
91. Meijndert L, Meijer HJ, Stellingsma K, Stegenga B, Raghoobar GM (2007) Evaluation of aesthetics of implant-supported single-tooth replacements using different bone augmentation procedures: a prospective randomized clinical study. *Clin Oral Impl Res* 18: 715-9.
92. Müller HP, Schaller N, Eger T, Heinecke A (2000) Thickness of masticatory mucosa. *J Clin Periodontol* 27 (9): 621-6.

93. Nakamura K, Kanno T, Milleding P, & Ortegren U (2010) Zirconia as a dental implant abutment material: a systematic review. *Int J Prosthodont* 23: 299-309.
94. Paniz G, Bressan E, Stellini E, Romeo E, Lops D. Correlation between subjective and objective evaluation of peri-implant soft tissue color (2013) *Clin Oral Implants Res* 10:1-5.
95. Paravina RD (2002) Evaluation of a newly developed visual shade-matching apparatus. *Int J Prosthodont*. Nov-Dec;15(6):528-34.
96. Park SE, Da Silva J, Weber HP, Ishikawa-Nagai S (2007) Optical phenomenon of peri-implant soft tissue. Part I. Spectrophotometric assessment of natural tooth gingiva and peri-implant mucosa. *Clin Oral Implants Res* 18:569-74.
97. Park JH, Lee YK, Lim BS (2006) Influence of illuminants on the color distribution of shade guides. *J Prosthet Dent* 96:402-11.
98. Paul S, Peter A, Pietrobon N, Hämmerle CH (2002) Visual and spectrophotometric shade analysis of human teeth. *J Dental Research* 81(8):578-582.
99. Pecho OE, Ghinea R, Ionescu AM, Cardona JL, Paravina RD, Pérez MM (2012) Color and translucency of zirconia ceramics, human dentine and bovine dentine. *J Dent* 40: 34-40.
100. Pecho, OE, Ghinea R, Alessandretti R, Pérez MM, Della Bona A (2016) Visual and instrumental shade matching using CIELAB and CIEDE2000 color difference formulas. *Dent Mater* 32: 82-92.
101. Pecnik MC, Roos M, Muff D, Spolenak R, Sailer I (2014) In vitro evaluation of esthetic coatings for metallic dental implants and implant prosthetic appliances. *Clin Oral Implants Res* 26: 563-71.
102. Pérez MM, Ghinea R, Herrera LJ, Ionescu AM, Pomares H (2011) Dental ceramics: a CIEDE2000 acceptability thresholds for lightness, chroma and hue differences. *J Dent* 39: 37-44.

103. Phillips K, Kois JC (1998) Aesthetic periimplant site development. The restorative connection. *Dent Clin North Am* 42 (1): 57-70.
104. Pjetursson B, Karousis I, Bärnin W, Brägger U, Lang N (2005) Patient satisfaction following implant therapy, a 10 years prospective cohort study. *Clin Oral Impl Res* 16 (4): 185-193.
105. Ponnayan D, Jegadeesan V, Perumal G, Anusha A (2014) Correlating skin color with gingiva pigmentation patterns in South Indians- a cross sectional study. *Oral Health Dent Manag* 13 (1): 132-6.
106. Powers JM, Capp JA, and Koran A (1977) Color of gingival tissues of blacks and whites. *J Dent Res* 56:112-6.
107. Reddy MS, O'Neal SJ, Haigh S, Aponte-Weson R, Geurs NC (2008) Initial clinical efficacy of 3 mm implant immediately placed into function in conditions of limited spacing. *Int J Oral Maxillofac Implants* 23 (2): 281-8.
108. Rosenquist B, Ahmed M (2000) The immediate replacement of teeth by dental implants using homologous bone membranes to seal the sockets: clinical and radiographic findings. *Clin Oral Implants Res* 11(6): 572-82.
109. Ruyter IE, Nilner K, Moller B (1987) Color stability of dental composite resin materials for crown and bridge veneers. *Dent Mater* 3:246-51.
110. Sailer I, Fehmer V, Ioannidis A, Hammerle CHF, Thoma D (2014) Threshold Value for the Perception of Color Changes of Human Gingiva. *Int J Periodontics Restorative Dent* 34: 757-762.
111. Sailer I, Phillip A, Zembic A, Pjetursson B, Hammerle C, Zwahlen M (2009) Randomized controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for canine and posterior single-tooth implant reconstructions: preliminary results at 1 year of function. *Clin Oral Implants Res* 20:219-25.

112. Sailer I, Pjetursson BE, Zwahlen M, Hämmerle CHF (2009) A systematic review of the survival and complication rates of all ceramics and metal-ceramic reconstructions after an observation period of at least 3 years. Part II: fixed dental prostheses. Clin Oral Impl Res 18: 86-96.
113. Sailer I, Zembic A, Jung R, Hämmerle CHF, Mattiola A (2007) Single tooth implant reconstructions: esthetic factors influencing the decision between titanium and zirconia abutments in anterior regions. Eur J Esthet Dent 2: 296-310.
114. Sala L, Carrillo de Albornoz A, Martin C, Bascones-Martínez A (2015) Factors involved in the spectrophotometric measurement of soft tissue: A clinical study of interrater and intrarater reliability. J Prosthet Dent 113: 558-64.
115. Sarafianou A, Kamposiora P, Papavasiliou G, Goula H (2012) Matching repeatability and interdevice agreement of 2 intraoral spectrophotometers. J Prosthet Dent 107:178-85.
116. Savitha B, Vandana KL (2005) Thickness of gingiva in association with age, gender and dental arch location. Indian J Des Res 16 (4): 135-9.
117. Schnitzer S, Turp JC, and Heydecke G (2004) Color distribution and visual color assessment of human gingiva and mucosa: a systematic review of the literature. Int J Prosthodont 17: 327-32.
118. Seghi RR (1990) Effects of instrument measuring Geometry on colorimetric assessments of dental porcelains. J Den Res 69:1180-1183.
119. Sharma G, Wencheng W, Edul ND (2004) The CIEDE2000 Color-Difference Formula: Implementation Notes, Supplementary Test Data, and Mathematical Observations. Color Research and Application 30 (1): 21-30.
120. Sicilia A, Quirynen M, Fontolliet A, et. al. (2015) Long-term stability of peri-implant tissues after bone or soft tissue augmentation. Effect of zirconia or titanium abutments on peri-implant soft tissues. Summary and consensus statements. The 4th EAO Consensus Conference Clin Oral Impl Res 26: 148-152.

121. Siebers D, Gherke P, Schliephake H (2010) Delayed function of dental implants: a 1- to 7-year follow-up study of 222 implants. *Int J Oral Maxillofac Implants* 25 (6): 1195-202.
122. Slak B, Daabous A, Bernazd W, Strumban E, Maev RG (2015) Assessment of gingival thickness using an ultrasonic dental system prototype: A comparison to traditional methods. *Ann Anat* 5 (199):98-103.
123. Song JE, Um YJ, Kim CS, Choi SH, Cho KS, Kim CK, Chai JK, Jung UV (2008) Thickness of posterior palatal masticatory mucosa: the use of computerized tomography. *J Periodontol* 79 (3): 406-12.
124. Suphanantachat S, Thovanich K, Nisapakultorn K (2012) The influence of peri-implant mucosal level on the satisfaction with anterior maxillary implants. *Clin Oral Impl Res* 23: 10
125. Sykaras N, Iacopino AM, Marker VA, Triplett RG, Woody RD (2000) Implant materials, designs, and surfaces topographies: their effect on osseointegration. A literature review. *J Maxillofac Oral Surg* 15: 675-90.
126. Sproull RC (1974) Color Control. Part III. *J Prosthet Dent* 31: 146-155.
127. Testori T, Bianchi F, Del Fabbro M, Capelli M, Zuffelitti F, Berlucchi I, Taschieri S, Francetti L, Weinstein RL (2005) Implant aesthetic score for evaluating the outcome: immediate loading in the aesthetic zone. *Pract Proced Aesthet Dent* 17 (2): 123-30.
128. Tey V, Phillips R, Tan K (2016) Patient related outcome measures with implant therapy after 5 years. *Clin Oral Impl Res* 6: 1- 6.
129. Tymstra M, Raghoobar GM, Vissink A, De Hartog L, Stellingsma K, Meijer HJ (2011) Treatment outcome of two adjacent implant crowns with different implant platform designs in the aesthetic zone: a 1-year randomized clinical trial. *J Clin Periodontol* 38(1):74-85.
130. Truskowsky RD (2003) How a spectrophotometer can help you to achieve esthetic shade matching. *Compend Contin Educ Dent* 24 (1): 60-6.

131. Ueno D, Sato J, Igarashi C, Ikeda S, Morita M, Shimoda S, Udawana T, Shiozaki K, Kobayashi M, Kobayashi K (2010). *J Periodontol* 82(6): 829-36.
132. Van Brakel R, Noordmans HJ, Frenken J, Roode R, de Wit GC, Cune MS (2011) The effect of zirconia and titanium implant abutments on light reflection of the supporting soft tissues. *Clin Oral Impl Res* 22: 1172-1178.
133. Van Eyk AD, Van der Bijl P (2004) Comparative permeability of various chemical markers through human vaginal and buccal mucosa as well as porcine buccal and mouth floor mucosa. *Arch Oral Biol* 49; 387-92.
134. Vermeylen K, Collaert B, Linden U, Björn A, De Bruyn H (2003) Patient satisfaction and quality of single tooth restorations. *Clin Oral Impl Res* 14 (2): 119-124.
135. Vichi A, Louca C, Corciolani G, Ferrari M (2011) Color related to ceramic and zirconia restorations: a review. *Dent Mater* 27 (1): 97-108.
136. Watkin A, Kerstein RB (2008) Improving darkened anterior peri-implant tissue color with zirconia custom implant abutments. *Compendium* 29: 238-242.
137. Wee AG, Lindsey DT, Kuo S, Johnson WM (2006) Color accuracy of commercial cameras for use in dentistry. *Dent Mater* 22(6): 553-9.
138. Witkowski S, Yajima ND, Wolkewitz M, Strub J (2012) Reliability of shade selection using an intraoral spectrophotometer. *Clin Oral Investig* 16:945-9.
139. Yang D, Jian-Guo t, Li Ch, Fan-Ping W, Yao T, Jian-Feng Z (2012) Precision and accuracy of a dental spectrophotometer in gingival color measurement of maxillary anterior gingival. *Beijing Da Xue Xue Bao* 44:622-7.
140. Zembic A, Bösch A, Jung RE, Hämmerle CHF, Sailer I (2013) Five-year results of a randomized controlled clinical trial comparing zirconia and titanium abutments supporting single-implant crowns in canine and posterior regions. *Clin Oral Impl Res* 24: 384-390.

141. Zembic A, Sailer I, Jung R, Hämmerle C (2009) Randomized-controlled clinical trial of customized zirconia and titanium implant abutments for single-tooth implants in canine and posterior regions: 3-year results. Clin Oral Implants Res 20:802-8.

ANEXO

XI. ANEXO.

1. Índice de la papila (Jemt et. al 1997)

Parámetros	Evaluación o variación de los parámetros
Grado 0	No hay presencia de papila
Grado 1	Menos de la mitad de altura de la papila rellena
Grado 2	Más de la mitad de la altura de la papila rellena
Grado 3	Papila está completamente rellena
Grado 4	Papila hiperplásica

2. Índice de “Implant Esthetic Score” (IES) (Testori et. al 2005)

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros	
Presencia y estabilidad de la papila	0= no papila 1=parcialmente rellena pero estéticamente aceptable 2= relleno completo	Resultado perfecto= 9
Estabilidad de la cresta bucopalatina	0=anchura mantenida 1 año 1=anchura perdida 1 año	Resultado aceptable= 4-8
Textura del tejido periimplantario	0=pérdida completa textura 1=pérdida parcial textura 2=aparición de salud gingival	Resultado comprometido= 0-3

Color del tejido periimplantario	<p>0=completamente diferente de diente natural</p> <p>1=estéticamente aceptable pero sin apariencia de salud gingival</p> <p>2=parecido a encía sana de dientes naturales</p>	
Contorno gingival	<p>0=asimetría evidente</p> <p>1=signos de asimetría estéticamente aceptable</p> <p>2=harmonía gingival</p>	

3. Índice de “The Implant Crown Esthetic Index” (ICEI) (Meijer et. al 2005)

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros
Dimensión mesiodistal de la corona (respecto al diente contralateral)	<p>1.Muy subcontorneado</p> <p>2.Ligeramente subcontorneado</p> <p>3.No hay desviación</p> <p>4.Ligeramente sobrecontorneado</p> <p>5.Muy sobrecontorneado</p>
Posición borde incisal de la corona (en relación al diente adyacente y contralateral)	<p>1.Muy subcontorneado</p> <p>2.Ligeramente subcontorneado</p> <p>3.No hay desviación</p> <p>4.Ligeramente sobrecontorneado</p> <p>5.Muy sobrecontorneado</p>
Convexidad de la corona (en armonía con dientes adyacente y contralateral)	<p>1.Muy subcontorneado</p> <p>2.Ligeramente subcontorneado</p> <p>3.No hay desviación</p> <p>4.Ligeramente sobrecontorneado</p> <p>5.Muy sobrecontorneado</p>

Color y traslucidez de la corona (en armonía con dientes adyacente y contralateral)	1.Gran diferencia 2.Pequeña diferencia 3. No hay diferencia
Superficie de la corona	1.Gran diferencia 2.Pequeña diferencia 3. No hay diferencia
Posición del margen de la mucosa periimplantaria (mismo nivel del diente contralateral y en armonía con el adyacente)	1.Desviación mayor de 1.5 mm 2.Desviación menor de 1.5 mm 3.Ninguna desviación
Posición interproximal de la mucosa (papila)	1.Desviación mayor de 1.5 mm 2.Desviación menor de 1.5 mm 3.Ninguna desviación
Contorno de la superficie labial de la mucosa periimplantaria	1.Muy subcontorneado 2.Ligeramente subcontorneado 3.No hay desviación 4.Ligeramente sobrecontorneado 5.Muy sobrecontorneado
Color y superficie de la mucosa periimplantaria (evalúan la rojez de la mucosa y la presencia de mucosa insertada con diente adyacente y contralateral)	1.Gran diferencia 2.Pequeña diferencia 3. No hay diferencia
Evaluación general total	-0 puntos de penalización= Excelente -1 o 2 puntos =satisfactorio -3 o 4 puntos=moderado -5 ó más puntos = estética pobre

4. Índice de “Pink Esthetic Score” (PES) (Furhauser et. al 2005)

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros	
Papila mesial	0.Ausente 1.Incompleta 2.Completa	De 0 a 14
Papila distal	0.Ausente 1.Incompleta 2.Completa	
Nivel del margen del tejido blando	0.Discrepancia >2mm 1.Discrepancia 1-2mm 2.Discrepancia <2mm	
Contorno del tejido blando	0.No natural 1.Moderadamente natural 2.Natural	
Proceso alveolar deficiente	0.Obvio 1.Moderado 2.Ninguno	
Color del tejido blando	0.Diferencia obvia 1.Diferencia moderada 2.Ninguna diferencia	

Textura del tejido blando	0. 0.Diferencia obvia 1.Diferencia moderada 2.Ninguna diferencia	
---------------------------	--	--

5. Índice “Subjective Esthetic Score” (SES) (Evans &Chen 2008)

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros
Cambios verticales que se producen en el margen de la mucosa periimplantaria después de la restauración	I- cambios verticales ≤ 0.5 mm y tejido labial en armonía con el diente adyacente
	II- cambios verticales entre 0.5 – 1 mm y el tejido labial en armonía con el diente adyacente
	III- cambios verticales entre 1 – 1.5 mm y contorno del tejido labial deficiente
	IV- cambios verticales mayores de 1.5 mm y contorno del tejido labial deficiente

6. Índice “Pink and White Esthetic Score” (PES WES) (Belser et. al 2009)

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros
Papila mesial	0.Ausente 1.Incompleta 2.Completa

Papila distal	0.Ausente 1.Incompleta 2.Completa
Contorno de la mucosa	0.Marcadamente diferente 1.Pequeña diferencia 2.Idéntico
Nivel de la mucosa	0.Marcadamente diferente 1.Pequeña diferencia 2.Idéntico
Convexidad radicular/Color y textura del tejido blando	0.Ninguno o sólo un parámetro es correcto 1.Los dos parámetros son correctos
Forma del diente	0.Marcadamente diferente 1.Pequeña diferencia 2.Idéntico
Volumen del diente	
Color del diente	
Textura del diente	
Traslucidez/Caracterización del diente	
Evaluación general total	Del 0 al 20

7. Índice “Complex Esthetic Index” (CEI) (Juodzbaly y Wang 2010)

	Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros		
		Adecuada(20%)	Comprometida(10%)	Deficiente(=%)
S	Variaciones del contorno tejido blando	NO	<2mm	≥2mm
	Deficiencia vertical del tejido blando	NO	1 – 2 mm	>2mm
	Color del tejido blando y variaciones en la textura	NO	Moderado	Obvio
	Apariencia del papila mesial	Completamente rellena	Parcialmente rellena	Ninguna
	Apariencia de papila distal	Completamente rellena	Parcialmente rellena	Ninguna
	Evaluación general del “Soft tissue index” (S)	100%	60% - 90%	< 50%
P	Altura del hueso interproximal mesial	<5mm	5 – 7 mm	> 7mm
	Altura del hueso interproximal distal	< 5mm	5 – 7 mm	> 7mm
	Biotipo gingival	>2 mm	1 – 2 mm	< 1mm
	Posición apico-coronal del implante	1.5 – 3 mm	> 3 – 5 mm	> 5mm
	Deficiencia del contorno horizontal	NO	1 – 3mm	> 5mm
	Evaluación general del “predictive index” (S)	100%	60% - 90%	< 50%

R	Color y translucidez	NO	Moderado	Obvio
	Convexidad labial en la conexión aditamento-implante	NO	< 1mm	< 2mm
	Posición del borde incisal de la corona	NO	± 1	± 2
	Proporción de la corona	< 0.85	0.85 - 1	> 1mm
	Rugosidad de la superficie y cresta de la corona	NO	Moderada	Obvia
	Evaluación general del “Implant supported restoration Index” (S)	100%	60% - 90%	< 50%

8. Índice “Copenhagen Index Score” (CIS) (Hosseini y Gottfredsen 2012)

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros	
Morfología de la corona	Anatomía, textura, longitud y anchura de la corona en relación al diente adyacente y contralateral	1.Excelente 2.Satisfactorio en todo menos en 1 ó 2 parámetros 3.Moderado ó subóptimo en varios parámetros 4.Morfología pobre en la mayoría de parámetros.
Color de la corona	Tono, valor, croma y translucidez en relación al diente adyacente y contralateral	1.Excelente y no fácil de diferenciar 2.Satisfactorio pero diferente del diente natural adyacente 3.Moderado, subóptimo 4. Color deficiente
Simetría/Armonía	En relación con la línea media, y eje del diente contralateral y de la línea de sonrisa	1.Exelente 2.Subóptimo pero satisfactorio 3.Moderado 4.Mala simetría y armonía
Discoloración de la mucosa	En relación al diente adyacente	1.No discoloración visible 2.Ligera coloración grisácea 3.Marcada coloración grisácea 4.El metal es visible
Papila distal	Índice de Jemt 1997 con una Modificación de Dueled 2009	1.Papila rellena 2.Papila rellena a la mitad del diente 3.Papila rellena a menos de la mitad del diente 4.No papila
Papila mesial	Índice de Jemt 1997 con una Modificación de Dueled 2009	
Evaluación general total	De 24 a 4	

9. Índice “Periimplant and Crown Index” (PICI) (Tettamanti et. al. 2015).

Índice y parámetros	Evaluación o variación de los parámetros	
Mucosa periimplantaria(Estética Rosa)	Papila	De 1 a
	Zenit	200
	Convexidad de la raíz	
Corona sobre implante(Estética Blanca)	Forma	De 1 a
	Color	200
	Caracterización	
Criterios subjetivos	Corona	De 1 a
	Mucosa	200
	Total (corona+mucosa)	
Dientes referencia para los criterios	Diente contralateral	
	100-mm escala visual	
	analógica	
Evaluación general total	De 1 a 360=inaceptable	
	De 360 a 600=aceptable	

